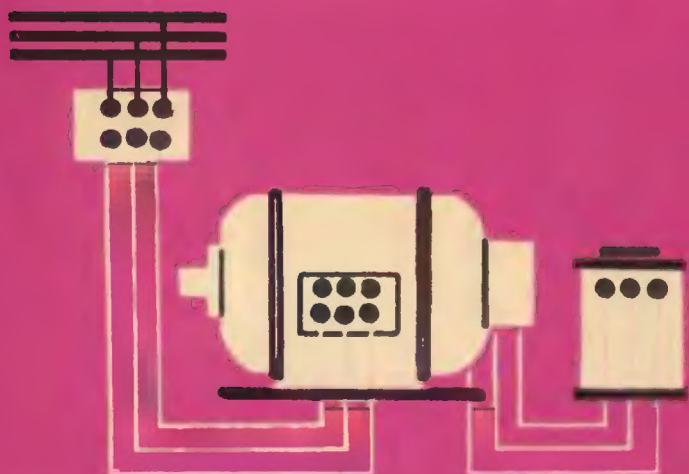


S NĂSTASE

CONTROLUL ȘI ÎNCERCAREA BOBINAJELOR DE MAȘINI ELECTRICE



Ing. S. NĂSTASE

**C O N T R O L U L
Ș I Î N C E R C A R E A
B O B I N A J E L O R
D E M A Ș I N I
E L E C T R I C E**



E D I T U R A T E H N I C Ă
București—1965

În broșură sînt expuse detaliat defectele principale care pot apărea atît în timpul fazelor tehnologice de execuție cît și la sfîrșitul bobinării mașinilor electrice ; se expune de asemenea modul de verificare și remediere a acestor defecte.

Verificarea fiind tratată pe elemente constructive, metodele recomandate se pot aplica și la controlul sau verificarea bobinelor din unele aparate electrice (contactoare, întrerupătoare, releee etc.).

Cititorul este inițiat asupra defectelor care pot apărea, despre posibilitățile de descoperire a lor și este ajutat să găsească soluția cea mai nimerită de preîntîmpinare și remediere, în funcție de posibilitățile locale.

Broșura se adresează electricienilor bobinatori care lucrează în întreprinderile constructoare de mașini și aparataj electrotehnic, în atelierele de reparare și întreținere ale întreprinderilor industriale, în cooperativele de reparații cu profil electrotehnic etc.

Redactor responsabil :
ing. RUȘANU CONSTANTIN
Tehnoredactor :
GERU ELENA

Dat la cules : 13.10.1964. Bun de tipar : 29.12.1964. Apărut 1965. Tiraj : 8000+140. Broșate. Hîrtie semivelină de 63 g/m², 540×840/16. Coli editoriale : 3,75. Coli de tipar : 4,50. A 15.905/1964. C.Z. pentru bibliotecile mari : 621.3.045.001.4. C.Z. pentru bibliotecile mici : 621.

Tiparul executat la Întreprinderea Poligrafică
„Informația”, str. Brezoianu nr. 23—25.
București — R.P.R.

P R E F A Ț A

În dezvoltarea industriei noastre electrotehnice, continua îmbunătățire a calității produselor este una din problemele de cea mai mare actualitate.

Executarea unor produse de calitate superioară nu poate fi însă concepută dacă cei care participă la execuția produselor nu dispun de toate cunoștințele necesare pentru a preîntîmpina executarea unor lucrări de slabă calitate și pentru înlăturarea defectelor ivite.

Lucrarea de față are ca scop să completeze aceste cunoștințe într-un sector restrîns, însă foarte important, al construcției de mașini electrice și anume în legătură cu execuția corectă a bobinajelor.

Cartea expune metodele de control ale bobinajelor mașinilor electrice, precum și măsurile care trebuie luate pentru a preîntîmpina o serie de deficiențe în execuția bobinajelor, cum ar fi: număr de spire deosebit de cel indicat în documentația tehnică, deteriorări de izolații, scurtcircuite între conductoarele bobinajelor etc. De asemenea sînt date unele procedee de remediere a defectelor constatate, precum și unele îndrumări pentru corecta execuție a bobinajelor.

AUTORUL

NECESITATEA EXECUTĂRII CONTROLULUI. UTILAJE ȘI APARATE DE MĂSURAT FOLOSITE, NORME ȘI STANDARDE

Dezvoltarea construcției de mașini electrice în țara noastră necesită mărirea siguranței lor în funcționare, deci și ridicarea calității acestora. Deși pe măsura dezvoltării industriei electrotehnice, materialele folosite au obținut indici calitativi superiori totuși, avînd în vedere caracterul specific al lucrărilor care se execută la construcția mașinilor electrice, verificarea execuției bobinajelor acestor mașini capătă o importanță deosebită.

Bobinatorul și montatorul de mașini electrice trebuie să fie totdeauna conștienți de starea lucrării pe care o execută, astfel ca surprizele finale neplăcute să fie înlăturate chiar de la început. Pentru un control organizat în execuția bobinajului se impun verificări defalcate pe operații în așa fel ca, la montarea mașinii, asupra ei să fie făcute toate verificările necesare, urmînd ca o altă parte de verificări să fie repetate și executate după montarea mașinii.

Pentru a fi corespunzătoare utilizării lor, materialele electroconducătoare și electroizolante trebuie să îndeplinească o serie de condiții atît în ceea ce privește dimensiunile și rezistența lor mecanică, cît și caracteristicile lor electrice.

O dată obținute materialele necesare, în calitatea prescrisă, asupra lor se execută diferite încercări, pe măsura execuției bobinajului și în general, pe măsura execuției întregii mașini.

Practica în construcția mașinilor electrice a arătat că principala cauză a defectelor mașinilor electrice o constituie distrugerea izolației între spire, precum și punerile la masă. Deci, înainte de a verifica elementele ce

constituie bobinajul, este necesar ca în timpul execuției acestuia să se respecte indicațiile tehnologice și în special protejarea cât mai bună a izolației.

În continuare se cere respectarea riguroasă a tuturor operațiilor de verificare și control, pe măsura execuției diverselor elemente constructive. Operațiile de control stabilesc corectitudinea execuției bobinajului în concordanță cu documentația tehnică a mașinii. Controlul care se face are scopul de a constata, că nu există distrugerile ale izolației, adică nu există scurtcircuite între spire sau între bobine și masă, precum și de a măsura rezistențele bobinelor sau ale întregului bobinaj, verificarea numărului de spire, secțiunea conductoarelor etc. Simpla constatare nu ajută la exploatarea în bune condiții a mașinii electrice respective. Prin metode adecvate trebuie puse în evidență elementele defecte care ar periclita buna funcționare a mașinii iar acestea vor trebui să fie înlocuite cu altele în stare bună.

De asemenea, nu este suficient controlul elementelor bobinajului aflat într-un anumit stadiu de execuție, deoarece în timpul montării bobinelor în creștăturile miezului magnetic, ele vor fi supuse la solicitări mecanice suplimentare, fapt care poate conduce la deteriorarea izolației sau chiar la întreruperi ale conductorului, atunci când acesta este foarte subțire. Apoi, în acest stadiu de execuție apar elemente noi care nu au fost verificate în aceste condiții, cum ar fi izolațiile între faze, izolațiile creștăturilor etc. Apare deci necesitatea verificării bobinajului și după introducerea bobinelor în creștătură. Sînt cazuri însă, cînd mașinile respective sînt supuse de cîteva ori controlului, pînă la execuția completă a lor. Astfel, bobinajul unui stator va fi verificat la străpun-gere de patru ori și anume : după introducerea bobinelor în creștătură, după executarea legăturilor, după impregnare și după asamblare.

Indusul va fi controlat prima dată după presarea colectorului pe arbore, a doua oară după introducerea în creștături a laturilor inferioare ale bobinelor, a treia oară după introducerea în creștături a laturilor superioare ale bobinelor, a patra oară după lipirea capetelor de bobine la colector și a cincea oară după bandajare și impregnare.

Sînt etape cînd anumite controale se execută combinat pentru a imita în cît mai mare măsură condițiile practice de funcționare a mașinii electrice. Astfel, STAS 1893-50 prevede că la mașina asamblată, aceasta să fie supusă la verificarea bobinajului la masă după ce în prealabil i s-a făcut proba de supraturație. Aceasta se face în scopul de a supune bobinajul la eforturile mecanice din timpul funcționării normale a mașinii, fapt care poate duce la deteriorarea izolației sau poate pune în evidență eventualele deteriorări ale acesteia, nedescoperite la celelalte controale executate anterior pe parcurs. Tensiunea de încercare pentru fiecare etapă va fi redusă față de cea precedentă, dat fiind că înlocuirea unei bobine într-o fază înaintată de execuție a bobinajului este mult mai greu de realizat față de fazele inițiale.

În concluzie, pe tot parcursul desfășurării procesului tehnologic de execuție a înfășurărilor se efectuează controlul în anumite etape, legate de stadiul execuției și anume :

- controlul asupra elementelor bobinajului după executarea acestora, înainte de introducerea lor în creștături ;

- controlul după introducerea elementelor bobinajului în creștături ;

- controlul după asamblarea mașinii ;

- controlul în procesul de exploatare a mașinii.

*
*
*

Controlul asupra elementelor bobinajului după executarea lor are ca scop evitarea introducerii acestora în creștături, dacă prezintă defecte de izolație. Pentru acest lucru se execută un control al numărului de spire al bobinelor, un control pentru determinarea scurtcircuitului între spire datorită deteriorării izolației în timpul execuției, un control al rezistenței ohmmice etc.

Deoarece în timpul bobinării propriu-zise (al introducerii bobinelor în creștăturile miezului magnetic), bobinele sînt supuse la eforturi mecanice suplimentare (eforturi care într-o anumită măsură se mențin în tot timpul funcționării mașinii), poate apărea distrugerea izolației și în consecință apar scurtcircuite între spire sau atingeri la masă. În plus, apar elemente noi (cum ar fi izolația creștăturii), precum și operații noi cu posibi-

litațiile respective de producere a unor defecțiuni (cum ar fi executarea legăturilor și introducerea cablurilor) la aceste elemente noi. Deci, în acest stadiu de execuție a bobinajului, este necesară o altă serie de controale, printre care : controlul la atingerea bobinajului la masă, la scurtcircuit între spirele bobinelor, la scurtcircuit între fazele bobinajului etc.

După introducerea bobinelor în creștături și executarea legăturilor, mașina este supusă la o altă serie de operații cum ar fi : impregnarea, pregătirea pentru montaj și montarea, în cursul căreia bobinajul suportă o serie de solicitări care fie că pot pune în evidență unele defecte ascunse ale izolației, fie că pot produce noi deteriorări de izolație, fapt care poate fi descoperit prin controalele necesare în această fază de execuție. Totodată, în acest stadiu mașina poate fi supusă la o serie de probe asemănătoare diverselor situații din exploatarea ei și în timpul căreia asupra bobinajului apar diferite solicitări, provocate de acțiunea îndelungată a forței centrifuge asupra bobinajului rotorului și care pot duce la distrugerea izolației.

În timpul exploatării mașinii, izolația acesteia este supusă îmbătrânirii normale sau forțate. Prin controalele care se execută în acest stadiu de fabricație, se evită ieșirea accidentală din uz a mașinii și se obține astfel mărirea duratei de exploatare a acesteia.

La operațiile de control și verificare care se execută asupra bobinajelor, se verifică :

- dacă bobinajul corespunde datelor din fișa de calcul și din desene ;
- eventualele scurtcircuite între spire ;
- rezistența ohmică a bobinajului ;
- rezistența izolației bobinajului ;
- existența eventualelor întreruperi în bobinaj ;
- calitatea contactelor la legăturile lipite ;
- legăturile corecte ale bobinajelor ;
- rigiditatea dielectrică a izolației, atât între diversele bobinaje cât și la masă ;
- siguranța bobinajului în timpul funcționării mașinii.

În legătură cu toate aceste controale și verificări, indicațiile generale sînt prescrise în standardele de stat și anume în STAS 1893-50 ; STAS 4130-53 ; STAS 4978-55.

Pentru executarea tuturor acestor controale sînt necesare o serie de aparate, care vor fi descrise la fiecare tip de control. În general sînt necesare o serie de transformatoare cu aparatele de măsură respective (voltmetru, ampermetru, wattmetru etc.), precum și surse speciale de curent. În unele cazuri, dat fiind insuficiența precizie și chiar imposibilitatea folosirii aparatelor clasice de control, existente în atelierul respectiv, se folosesc aparate speciale, care sînt mai ușor de procurat și care permit măsurarea directă a diferitelor mărimi (rezistența bobinajului, rezistența de izolație etc.).

Capitolul 2

INCERCAREA MATERIALELOR FOLOSITE LA BOBINAREA MAȘINILOR ELECTRICE

Siguranța în execuția bobinajelor mașinilor electrice și deci în exploatarea acestora o constituie calitatea bună a materialelor folosite.

Dezvoltarea construcției mașinilor electrice, precum și obținerea de la ele a unor performanțe tehnico-economice mai bune, impune folosirea din ce în ce mai mult a unor materiale cu caracteristici tehnice ridicate. În timpul exploatării se impune un control riguros al mașinilor din care să rezulte calitatea materialului respectiv folosit, precum și eventualele defecte introduse în timpul execuției sau manipulării lor.

La folosirea materialelor izolante se ține seama de faptul că acestea sînt împărțite pe clase, din punct de vedere al valorii limită admisibilă a temperaturii de serviciu și anume :

<i>Clasa</i>	<i>Temperatura limită admisibilă</i>
Y	+ 90°C
A	+ 105°C
E	+ 120°C
B	+ 130°C
F	+ 155°C
H	+ 180°C
C	peste + 180°C

În continuare vor fi descrise, pentru diverse materiale, controlul la care sînt supuse acestea, precum și metodele de încercare.

2.1. Țesături uleiate electroizolante

Conform N. I. 166-52 — M.E.E.I.E., pentru țesăturile uleiate întrebuințate ca material electroizolant, obținute prin impregnarea mătăsii viscoza cu lacuri pe bază de uleiuri vegetale, condițiile pe care trebuie să le îndeplinească și deci și verificările la care sînt supuse sînt :

— *aspectul țesăturii*, care se controlează cu ochiul liber, trebuie să fie neted, lucios, fără nodule (ridicături) de lac uscat, fără pori vizibili și incluziuni străine. Culoarea trebuie să fie galbenă-portocalie ;

— *grosimea țesăturii*, trebuie să corespundă celei prescrise ; se controlează cu micrometrul cu o precizie de 0,01 mm. Măsurarea se face în mai multe puncte, alese din cele fără neregularități, distanțate de la marginile care în general prezintă abateri de la dimensiunea prescrisă. Norma prevede ca această distanță să nu fie mai mică de 30 mm. Rezultatul măsurării va fi media aritmetică a tuturor determinărilor ;

— *absorbția de apă*, o caracteristică principală a materialelor electroizolante, care determină condițiile de exploatare a mașinilor electrice.

Pentru determinarea acestei caracteristici se iau două probe cu dimensiunile de 50x100 mm fiecare, se cîntăresc cu o precizie de 0,001 g, ținîndu-se apoi în apă distilată la temperatura de $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$, timp de 24 ore. Se scot apoi din apă și se usucă de apa de pe suprafață prin introducerea între două hîrtii de filtru, după care probele se cîntăresc din nou. Absorbția de apă se calculează pe unitatea de suprafață, cu relația :

$$A = \frac{G_2 - G_1}{S}, \text{ gf/dm}^2,$$

în care :

A este absorbția de apă după 24 ore ;

G_1 — greutatea probei înainte de cufundarea în apă, gf ;

G_2 este greutatea probei după cufundarea în apă, gf ;
 S — suprafața totală a probei, dm^2 .

Rezultatul va fi media aritmetică a determinărilor efectuate asupra celor două mostre ;

— *rezistența la întindere*, o caracteristică de asemenea importantă în cazul folosirii țesăturilor textile impregnate sau a altora asemănătoare, la izolarea bobinelor ; se determină prin supunerea la efortul de tracțiune a probelor cu ajutorul unui aparat ;

— *stabilitatea termică* a țesăturii, determinată pe fișii cu lățimea de 40 mm tăiate în direcția bătăturii.

Aceasta se înfășoară pe o tijă metalică cu diametrul de 10—12 mm, cu o suprapunere maximă de 20 mm. Tijă învelită cu bandă se încălzește într-un termostat timp de 72 ore, la temperatura de $105 \pm 2^\circ\text{C}$. După terminarea încălzirii, mostrele se desfășoară în stare caldă și se observă schimbarea aspectului acestora. Condiția este ca pînza să se deruleze la cald fără a se lipi.

Determinarea se repetă cu alte mostre, acestea fiind înfășurate pe cealaltă suprafață ;

— *rigiditatea dielectrică* a țesăturii care se determină pentru țesătura în stare normală ; la locul îndoirii și după întindere.

Pentru determinarea rigidității dielectrice a țesăturii, se taie probe late de 150 mm pe lățimea materialului ; se folosește curent alternativ cu frecvența de 50 Hz și electrozi în formă de discuri cu diametrul de 50 mm, avînd marginile rotunjite cu o rază de 2,5 mm ; electrozii sînt apăsați unul spre altul cu o forță de cel puțin 1 kgf. Asupra electrozilor se va aplica o tensiune care se va mări progresiv, fără șocuri ; durata ridicării acesteia pînă la tensiunea de străpungere va fi de minimum zece secunde.

Pentru determinarea tensiunii de străpungere după îndoire, mostra se îndoaie perpendicular pe urzeală la un unghi de 180° , în jurul unei piese de grosime egală cu a materialului. Se netezește apoi îndoitura prin trecerea o singură dată cu un rulu de metal cu o greutate de 2 kgf și cu diametrul de 50—60 mm. Viteza de deplasare a ruloului va fi de circa 1 m/min. În timpul determinării, linia îndoirii țesăturii lăcuite trebuie să se găsească în mijlocul electrodului.

Pentru determinarea tensiunii de străpungere după întindere, se taie proba la dimensiunea de 20×700 mm după diagonală, sub un unghi de $45^\circ \pm 2^\circ$ față de direcția urzelii. Apoi se fixează la capătul de sus pe o tijă metalică cu un diametru de minimum 12 mm, care face cu orizontala un unghi de 15° , supunându-se la întindere cu o forță de 0,5 kgf, timp de un minut. Al doilea electrod îl constituie o foaie metalică de 20 mm lățime, înfășurată strâns pe suprafața țesăturii. În acest fel proba se va supune la străpungere în cinci locuri diferite.

2.2. Micanita de colector

Micanita de colector formată din fulgi (foițe) de mică lipiți și presăți la cald cu rășini gliptalice, șerlac etc., trebuie de asemenea să îndeplinească anumite condiții, fără de care nu se poate vorbi de o calitate corespunzătoare a materialului. Aceste condiții (precum și controlul, inclusiv metodele de control) care trebuie verificate la micanita de colector sînt :

— *grosimea plăcilor* de micanită, element care determină reușita construcției colectorului, se determină prin măsurarea acestora cu un micrometru, în mai multe puncte, deoarece placa respectivă poate prezenta grosimi diferite în diverse puncte. N. I. 172-52 M.E.E.I.E. prevede un număr de 10 determinări) ;

— *aspectul exterior* al plăcii de micanită se verifică pentru a îndepărta plăcile de micanită care prezintă foițe de mică desfăcute ;

— se execută apoi o *probă de alunecare*. În timpul verificării acestei condiții, se observă dacă foițele de mică suferă oarecari deplasări, unele față de altele. Pentru executarea acestei probe, se iau zece plăcuțe de micanită cu dimensiunile de 50×70 mm și se așază între două plăcuțe de oțel șlefuite, avînd aceleași dimensiuni ca și plăcuțele de micanită. După ce se strîng, formîndu-se un pachet, acesta se încălzește într-un termostat, timp de o oră, la o temperatură de 160°C după care se presează treptat cu ajutorul unei prese hidraulice, pînă la o presiune specifică de 600 kg/cm^2 . Această presiune se menține timp de cinci minute.

După scoaterea pachetului din presă se examinează cu ochiul liber deplasarea foițelor de mică și curgerea liantului ;

— *rigiditatea dielectrică* a micanitei la determinarea căreia se folosește un curent cu frecvența de 50 Hz. Pentru executarea verificării se ia o probă cu lungimea de 0,5 m. Electrozii folosiți vor fi din cupru sau alamă, cel inferior avînd o suprafață plană și o poziție fixă, iar cel superior fiind cilindric, cu muchiile rotunjite și avînd o greutate de 1 kgf. Tensiunea aplicată va fi de scurtă durată, repetîndu-se încercarea în mai multe puncte (cel puțin cinci), aflate la cel puțin 100 mm distanță față de marginea plăcii. Se măsoară apoi grosimea plăcii în punctele străpunse, cu micrometrul, stabilindu-se rigiditatea dielectrică în fiecare punct raportînd tensiunea în momentul străpungerii la grosimea plăcii (kV/cm). Rigiditatea dielectrică a plăcii de micanită se consideră media aritmetică a rezultatelor determinărilor în toate punctele ;

— *calitatea bună* a micanitei. Cu ocazia verificării acestei condiții, se constată *lipsa particulelor conducătoare de electricitate* din materialul folosit.

Determinarea existenței acestor corpuri se execută în felul următor : se așază placa de micanită între doi electrozi de alamă, cel inferior fiind format dintr-o placă plană de alamă cu dimensiunile mai mari ca ale plăcii de micanită, iar cel superior avînd o formă cilindrică cu diametrul de 100 mm și lungimea de 150 mm, cu o rază de rotunjire a muchiilor de circa 5 mm.

În timpul încercării, cilindrul se rostogolește pe suprafața plăcii cu o viteză de 6 m/min, avînd grijă ca distanța lui față de marginea plăcii să fie așa de mare încît să se evite conturnarea. Dacă în urma acestei probe placa a rezistat la 50 % din tensiunea de străpungere prescrisă de norme, se consideră că micanita este corespunzătoare din punct de vedere al existenței corpurilor bune conducătoare.

2.3. Micafoliul

Micafoliul, ca material electroizolant, trebuie de asemenea să îndeplinească o serie de condiții, unele deosebite de cele ale micanitei și care pot fi controlate în felul următor :

— *aspectul exterior* al micafoliului se examinează cu ochiul liber, nepermițându-se ca acesta să conțină corpuri străine sau părți neacoperite cu fulgi de mică ;

— *grosimea foi* de micafoliu trebuie să fie uniformă (calibrată), verificarea făcându-se cu micrometrul ;

— o proprietate principală ce se cere micafoliului este *posibilitatea de formare la cald*. Pentru a verifica această posibilitate, se folosește un cilindru cu diametrul egal cu de 60 de ori grosimea micafoliului. O mostră de micafoliu cu lățimea de 50 mm și lungimea egală cu de două ori circumferința cilindrului amintit se încălzește la temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ și apoi se îndoiește în jurul cilindrului, de asemenea încălzit la aceeași temperatură. Micafoliul astfel îndoit și legat cu o bandă de pânză de bumbac, se încălzește în continuare la temperatura $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ timp de 15 min. După aceea, proba se va derula pe o placă rece, până când se va răci la temperatura de $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$. În urma acestor operații se va obține un tub de micafoliu de pe care mica nu trebuie să se desfacă. Micafoliul trebuie să-și păstreze forma ce i s-a dat fără să se despartă în foi ;

— *rigiditatea dielectrică* a micafoliului se determină asemănător ca la micanita de colector, însă încălzindu-l la temperatura de $105-110^{\circ}\text{C}$. Electrocul superior este mobil și are o greutate de 2 kgf.

2.4. Bare trapezoidale de cupru pentru colectoare

Stabilirea calității barelor trapezoidale de cupru care se folosesc la confecționarea colectoarelor, se face la uzi-na producătoare conform STAS 4979-58. Calitatea acestor bare profilate are un rol hotărîtor în funcționarea și în durata de funcționare a mașinilor electrice. Pentru acest lucru, încă în uzina producătoare acestea sînt supuse la o serie de încercări, pe baza cărora beneficiarul va considera materialul corespunzător sau nu ; barele profilate se pot recepționa și în cadrul întreprinderii beneficiare, urmînd a se verifica aspectul, dimensiunile, linia-ritatea și duritatea lor.

Aspectul se constată vizual pentru fiecare bară în parte.

Verificarea dimensiunilor se execută cu ajutorul șabloanelor, calibrelor limitatoare sau aparatelor universale de măsurat. Forma șablonului pentru verificarea dimensiunilor este reprezentată în fig. 2.1.

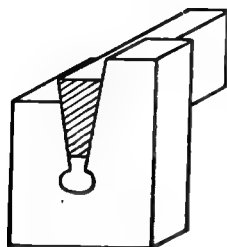


Fig. 2.1. Șablon-calibru pentru verificarea profilelor barelor.

Șablonul este executat din tablă de oțel cu grosimea suficient de mare pentru a avea asigurată precizia verificării (minimum 5 mm). Toleranța șablonului va fi de 0,005 mm.

În timpul controlului se va urmări ca fețele laterale ale profilului să se suprapună bine pe fețele șablonului. Conform STAS 4978-55, la profilele cu înălțimea h mai mare de 30 mm se admit jocuri între fețele laterale ale profilului și fețele șablonului, cu condiția ca în aceste jocuri să nu poată fi introduși spioni cu dimensiunile :

0,05 × 7 mm pentru h de la 30 la 80 mm ;

0,08 × 10 mm pentru h de la 80 la 105 mm.

Dimensiunea înălțimii se verifică cu ajutorul calibrelor limitative sau a aparatelor universale de măsurat.

Pentru a putea lucra cu o productivitate sporită, în cazul existenței unor sortimente variate de profiluri, pe șabloane se va indica numărul de desen al profilului la care se referă și dimensiunile respective.

Verificarea rectiliniarității muchiilor se execută cu ajutorul unei rigle, a cărei lungime nu trebuie să fie mai mică de 250 mm.

Duritatea constituie o caracteristică principală în ce privește alegerea materialului pentru confecționarea unui anumit colector. STAS 165-49 indică procedeele de determinare a durității.

2.5. Conductoare de bobinaj din cupru, izolate cu lac email

Conductoarele din cupru, izolate cu email sînt folosite în mod curent în construcția și repararea bobinajelor de orice fel, date fiind avantajele pe care le oferă, datorită grosimii relativ mici a peliculei de lac, oferind în același timp caracteristici electrice și mecanice bune.

În vederea desfășurării în bune condiții a procesului de execuție a înfășurării, izolația conductorului trebuie să îndeplinească o serie întreagă de condiții printre care cele mai importante sînt :

- grosimea izolației ;
- elasticitatea peliculei ;
- stabilitatea față de substanțele de impregnare ;
- comportarea la foc ;
- numărul de defecte punctiforme ;
- rigiditatea dielectrică.

În N.I. 5-52 a M.E.E.I.E. sînt indicate și metodele de verificare a acestor condiții.

Pentru *determinarea grosimii peliculei de lac* se vor lua din mosorul sau colacul respectiv zece segmente de circa 10 cm lungime fiecare. De pe cinci din aceste segmente se îndopărtează pelicula de lac prin ardere sau folosind un solvent care nu atacă cuprul. Se vor măsura apoi separat diametrele celor cinci segmente izolate și cele cinci segmente dezizolate. Pentru fiecare grupă în parte se va stabili media valorilor găsite ; diferența dintre cele două medii, reprezintă valoarea dublă a grosimei peliculei de lac. Pentru precizia măsurărilor se va folosi micrometrul.

Determinarea elasticității peliculei de lac se face luîndu-se două segmente de conductor izolat, cu lungimea de circa 14—15 cm fiecare. Cele două segmente se vor înfășura pe cite un dorn al cărui diametru este indicat în tabela 2.1. Unul din segmente se bobinează la rece pe dorn

Tabela 2.1

Diametrul conductorului mm	Lungimea segmentului înfășurat cm	Sarcina aplicată gf	Diametrul dornului mm
0,07—0,10 0,10—0,13 0,13—0,16 0,16—0,22	5—7	5	0,3
		10	0,4
		20	0,5
		30	0,7
0,22—0,32 0,32—0,40 0,40—0,60 0,60—1,00	7—10	50	1
		100	1,3
		200	2
		500	3
1,00—1,50 1,50—2,00 2,00—3,00	10—12	1 000	5
		2 000	7,5
		4 000	15

cu o anumită sarcină, prin agățarea unei greutate (a cărei valoare este indicată tot în tabela 2. 1.), la unul din capete. Bobinarea se va executa cu o viteză de 75—100 m/min. Apoi, cu ajutorul unei lupte cu putere de mărire liniară 10 se examinează segmentul bobinat. Se va repeta examinarea încă de două ori, o dată după ce a fost încălzit timp de 6 ore la temperatura de $100^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ și apoi după ce a fost încălzit timp de 18 ore la temperatura de $130^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Cel de al doilea segment se va bobina pe dorn (după ce în prealabil dornul a fost încălzit) și se ține timp de 6 ore la temperatura de $100^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$, apoi se examinează cu lupa și se va încălzi în continuare la temperatura de $130^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ timp de 18 ore.

După efectuarea a trei asemenea încercări se va constata dacă pelicula de lac prezintă crăpături sau desprinderi de pe conductorul de cupru.

Stabilitatea față de substanțele de impregnare se verifică tăindu-se trei segmente de conductor de circa 15 cm lungime fiecare și se vor cufunda timp de 30 min în lacul de impregnare respectiv. Acesta se încălzește la temperatura de prelucrare. După scoaterea segmentelor din substanța de impregnare, ținându-se de unul din capete, se vor șterge cu un tifon de bumbac, cu o viteză de aproximativ 3 m pe minut. După executarea a trei asemenea încercări, conductorul emailat se consideră stabil față de substanța respectivă de impregnare, dacă după ștergere pelicula nu prezintă cojituri sau crăpături și dacă își păstrează aspectul lucios.

Pentru *determinarea comportării la foc* se taie o bucată din conductorul emailat de circa 30 cm lungime și se ține orizontal cu mijlocul deasupra unei flăcări. După aprinderea peliculei, flacăra se îndepărtează. În caz că după îndepărtarea flăcării pelicula de lac nu arde mai departe, se consideră că conductorul emailat are o comportare bună la foc.

La *determinarea numărului de defecte punctiforme* se va folosi o instalație cum este cea reprezentată în fig. 2.2. Pentru încercarea conductoarelor cu diametre de 0,07—0,30 mm, se folosește o baie de mercur, conductorul respectiv deplasându-se prin baie cu o viteză de 20—30

m/min. Tensiunea de încercare va fi de 60 V, folosindu-se pentru aceasta o sursă de curent continuu.

În ceea ce privește conductoarele cu diametre cuprinse între 0,32—3 mm, pentru verificarea lor se va folosi o baie cu o soluție de 0,5 % sare de bucătărie în apă. Viteza de trecere a acestor conductoare prin baie va fi de circa 0,2

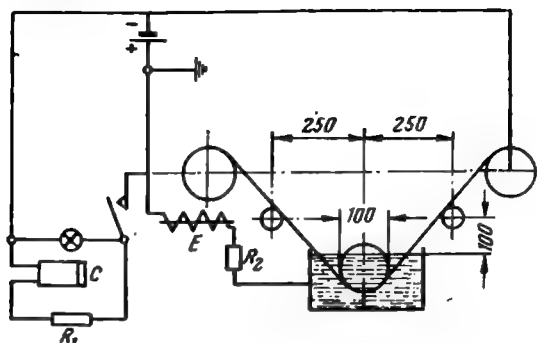


Fig. 2.2. Instalație pentru determinarea defectelor punctiforme.

Tabela 2.2

Diametrul nominal al sârmei de cupru, mm

0,07—0,14

0,15—0,35

0,75—3

Numărul de defecte punctiforme admise pe lungimea de 15 m

25

20

15

m/s, folosindu-se o tensiune de încercare de 100 V. În ambele cazuri conductoarele se cufundă în baie pe o porțiune de 12 ± 2 cm.

Rezultatele obținute se vor compara cu cele din tabela 2.2.

Polul negativ al sursei de alimentare se va lega la conductorul de încercat, iar polul pozitiv al sursei va fi legat la soluție, fiind pus concomitent și la pământ. Între polul negativ al sursei și baie se va intercala un contor C cu releul magnetic E, capabil să înregistreze minimum zece

impulsuri pe secundă, precum și o rezistență R_1 de circa 10 000 Ω în așa fel, încît rezistența releului plus această rezistență adițională să fie în total de 10 000 Ω .

Încercarea se face la temperatura de $20 \pm 5^\circ\text{C}$, pe o lungime de conductor de 100 m.

Rigiditatea dielectrică a izolației conductorului se determină la o temperatură de 20°C . Pentru aceasta se ia o bucată de conductor care se înfășoară o dată pe un cilindru de oțel nichelat, întins cu o greutate agățată la capătul liber. Conductorul va fi înfășurat cu o viteză de 75—100 m/min.

În tabela 2.3 sînt date diametrul cilindrului și greutatea de întindere în funcție de diametrul conductorului.

Tabela 2.3

Diametrul conductorului, mm	Diametrul cilindrului, mm	Greutatea de întindere, gf
0,07—0,10	30	5
0,10—0,20	30	20
0,20—0,40	30	70
0,40—0,70	30	250
0,70—1,00	30	500
1,00—1,50	50	1 000
1,50—2,00	80	2 000
2,00—3,00	100	4 000

Tensiunea de încercare care se va aplica între cilindrul metalic și conductor va fi practic sinusoidală, cu frecvența de 50 Hz și va fi mărită continuu și uniform cu 100 V/s, pînă la tensiunea de străpungere. Valorile tensiunii de străpungere trebuie să fie cel puțin egale cu cele indicate în tabela 2.4.

Tabela 2.4

Diametrul nominal al conductorului, mm	Tensiunea de străpungere, V	
	la 20°C	la 120°C
0,07—0,40	380	340
0,40—1,00	500	450
1,00—3,00	750	675

CONTROLUL ȘI ÎNCERCAREA BOBINELOR GATA CONFECTIONATE, ÎNAINTE DE MONTAREA ÎN MAȘINĂ

3.1. Verificarea numărului de spire la bobinele statorice. Defecte și remedieri

Problema verificării preciziei cu care se execută numărarea spirelor nu se pune, desigur, în cazul unei producții în care sînt create condiții suficiente pentru asigurarea acestei precizii. În aceste cazuri, verificarea numărului de spire se face mai mult pentru a ține sub control, prin tatonări, buna funcționare a instalațiilor de bobinare, inclusiv a celor de înregistrare a numărului de spire. Se înțelege că în cazurile arătate verificarea se execută la un anumit număr de bobine dintr-un lot oarecare, în funcție de care se va considera lotul ca fiind corespunzător sau nu.

Sînt cazuri cînd verificarea numărului de spire trebuie făcută chiar la fiecare bobină în parte, în special la bobinele care au un număr mare de spire.

Respectarea numărului de spire prescris este o problemă de mare importanță, deoarece în cazul cînd nu se respectă acest număr, chiar dacă sînt asigurate toate celelalte condiții, buna funcționare a mașinii va fi periclitată.

În general, bobinele statoarelor mașinilor de curent alternativ (statoare cu poli înecați) sînt formate dintr-una sau mai multe grupe de bobine, fiecare bobină a grupei fiind constituită dintr-un număr de spire variind de la cîteva spire pînă la cîteva zeci de spire. Se vede deci că este vorba, pe de o parte, de bobine cu spire foarte puține, iar pe de altă parte, de bobine cu un număr de spire relativ mare.

Lipsa dintr-o bobină a unor spire conduce la modificarea caracteristicilor magnetoelectrice ale circuitului respectiv, tradusă prin micșorarea t.e.m. (tensiunea electromotoare) care va lua naștere în această bobină.

Pericolul pe care-l prezintă lipsa unui număr de spire dintr-o bobină se manifestă în primul rînd la legarea ei în paralel cu o altă bobină sau grupă de bobine, deoarece se vor produce curenți de egalizare în circuitul respectiv,

curenți care sînt cu atît mai periculoși, cu cît numărul de spire lipsă este mai mare.

Rezultă din cele arătate că unul din procedeele de verificare a numărului de spire îl constituie verificarea tensiunii care se induce în fiecare bobină, cu ajutorul unui aparat foarte simplu format dintr-un electromagnet și armăturile sale, reprezentat în fig. 3.1.

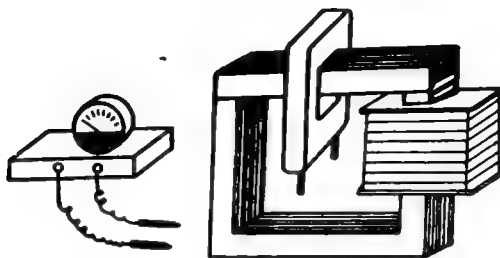


Fig. 3.1. Electromagnet pentru verificarea bobinelor înainte de montare.

Electromagnetul se compune dintr-un miez de fier pe care se găsește montată o bobină L_1 alimentată de la o sursă de curent alternativ. Bobina de verificat L_2 se introduce pe miez așa cum este reprezentat în figură. Miezul se închide cu ajutorul jugului mobil. Forma lui asigură manipularea ușoară a întregului aparat și în același timp asigură un interstițiu cît mai mic între el și miez. După conectarea la sursa de curent a bobinei L_1 , cu ajutorul voltmetrului V se măsoară tensiunea care se induce în bobina L_2 , tensiune ce se va compara cu tensiunea care trebuie să se obțină într-o bobină fără defecte. Valoarea tensiunii obținute la fiecare tip de bobină este în funcție de caracteristicile electromagnetului folosit. De aceea, în cazul existenței mai multor aparate de verificat se va ține seama de caracteristicile deosebite ale fiecăruia.

Electromagnetul descris este un aparat la îndemîna oricărui atelier în care se execută bobine; este simplu, însă precizia măsurătorii este destul de mică comparativ cu a altor aparate.

Un aparat cu care se poate verifica numărul de spire ale bobinelor cu o precizie de 0,25—0,5% este acela care se bazează pe compararea fluxurilor de dispersie a bobi-

nelor încercate față de o bobină etalon. Ambele bobine, cea pentru încercat și cea etalon, sînt așezate pe un miez magnetic comun. În fig. 3.2 este reprezentat un asemenea aparat. Acesta este format dintr-un miez magnetic 1 care constituie partea principală a aparatului. Miezul magnetic

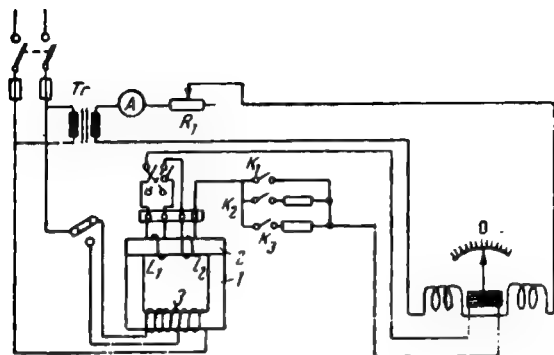


Fig. 3.2. Aparat pentru verificarea numărului de spire.

are jugul superior 2 demontabil. Pe partea inferioară se așază bobinajul primar 3 alimentat de la o rețea cu curent alternativ cu frecvență industrială. Această bobină este formată din două secții, una cu 1 500 spire, iar a doua cu 2 100 spire, care se folosesc în funcție de numărul de spire ale bobinei de încercat. Astfel, pentru încercarea unei bobine cu spire puține se folosește secția cu 1 500 de spire, iar pentru încercarea unei bobine cu spire multe se folosește aceea cu 2 100 spire. Bobina etalon L_1 și bobina de încercat L_2 sînt montate pe jugul demontabil. Bobina de încercat se conectează în sens opus cu bobina etalon, astfel ca tensiunile electromotoare care se induc în cele două bobine să se scadă. Pentru a putea verifica bobine de diferite dimensiuni, miezul magnetic este prevăzut cu mai multe juguri demontabile, de diferite dimensiuni, în funcție de dimensiunile interioare ale bobinelor de încercat. Cele două bobine L_1 și L_2 sînt conectate în serie, iar ieșirile lor se conectează la bobinajul cadrului mobil al unui indicator de zero. Bobinele fixe ale indicatorului de zero sînt alimentate de la rețea prin intermediul transformatorului Tr . Curentul în aceste bobine se reglează cu ajutorul

reostatului R_1 . De asemenea, pentru măsurarea curentului este conectat ampermetrul A_1 . În vederea reglării curentului din circuitul cadrului mobil sînt prevăzute butoane (K_1, K_2, K_3), fiecare dintre ele dînd posibilitate conectării circuitului mobil în trei variante :

- prin închiderea întrerupătorului K_3 circuitul se închide printr-o rezistență mare ;
- prin închiderea întrerupătorului K_2 circuitul se închide printr-o rezistență mai mică ;
- întrerupătorul K_1 asigură închiderea directă a circuitului fără introducerea vreunei rezistențe.

Aceste posibilități de conectare au ca scop prevenirea arderii înfășurării aparatului. La început se închide întrerupătorul K_3 introducînd în circuit o rezistență mare, așa cum s-a arătat. Dacă acul aparatului nu deviază, se închide întrerupătorul K_2 și abia la urmă, dacă este nevoie, se va închide întrerupătorul K_1 . În caz că numărul de spire ale bobinei ce se încearcă va corespunde, acul indicatorului de zero nu va devia. În caz contrar, acul aparatului va devia la stînga sau la dreapta, în funcție de caracterul abaterii de la numărul normal de spire (în plus sau în minus). Mărimea abaterii se apreciază după mărimea deviației acului aparatului.

O altă metodă pentru verificarea numărului de spire ale bobinelor confecționate, constă în măsurarea rezistenței ohmice a acestora. În cazul lipsei unui număr oarecare de spire din bobină, rezistența ei se va micșora.

Una din metodele de măsurare a rezistenței bobinelor

este cea a voltmetrului și ampermetrului, la folosirea căreia există posibilitatea comutării voltmetrului, înainte sau după ampermetru, în sensul parcurgerii circuitului. Montajele folosite sînt reprezentate în fig. 3.3.

În timpul măsurării se vor avea în vedere următoarele :

Fig. 3.3. Schema de montaj pentru verificarea bobinelor prin măsurarea rezistenței.

- sursa va fi de curent continuu ;

— trebuie înlăturate pe cît posibil toate elementele care pot introduce erori la măsurarea rezistenței bobinelor, cum ar fi : punți și cleme de legătură etc., care, prin rezis-

lența proprie, precum și prin realizarea unor contacte de legătură slabe, duc la o mărire artificială a rezistenței de măsurat ;

→ citirea ambelor aparate trebuie să se facă simultan, pentru a prinde același moment de măsurare ;

→ deoarece fiecare rezistență trebuie măsurată la cîteva valori diferite ale curențului, mergînd de la valori mari la valori mici ; la măsurarea uneia și a celeiași rezistențe trebuie să se evite schimbarea limitelor de măsurare ale aparatelor, pentru ca măsurările să fie efectuate în aceleași condiții. De regulă se execută un număr de trei măsurări ;

→ valoarea curențului de măsurare nu trebuie să depășească 20 % din curențul nominal al bobinei, cînd aceasta este în funcțiune, deoarece la valori mai mari se produce încălzirea acesteia și se modifică rezistența ei reală.

Pentru măsurarea rezistenței bobinelor mai pot fi folosite puntea Wheatstone pentru rezistențe cu valori mari de 1Ω sau puntea dublă, pentru toate valorile de rezistențe. Avantajele acestor punți de măsurat constau în faptul că ele pot fi compuse din cutii de rezistențe adiționale separate. Totuși, cu oît construcția punții permite o rapiditate mai mare la măsurare, cu atît mai mică este precizia și siguranța măsurării. Totodată, costul unei punți cu toate accesoriile sale este destul de mare.

Deoarece precizia de măsurare a punților este mare, avînd însă rapiditatea de măsurare mică, se recomandă folosirea schemelor în punte în acele cazuri cînd în mod special, în obiectul măsurării, este inclusă determinarea cît mai corectă a rezistenței, iar timpul necesar măsurării nu are importanță.

Completarea numărului de spire lipsă din bobină se poate face procedînd de la caz la caz, în funcție de tipul bobinei, deoarece sînt cazuri cînd remedierea bobinei este mai dezavantajoasă decît confectionarea altei bobine noi.

Remedierea acestui defect constă în completarea numărului de spire prin intermediul unei innădiri. Procedul de completare este diferit de la bobină la bobină. Astfel, unele bobine permit și este necesar să fie montate întîi pe șablonul cu care au fost confectionate și după aceea să li se desfacă legăturile de consolidare, deoarece în caz contrar bobina se desface. Capătul conductorului suplimentar se va innădi cu capătul (sfîrșitul) bobinei,

după care se va executa în continuare completarea numărului de spire. Înnăditurile se vor executa pe latura frontală a bobinei și anume pe latura opusă legăturilor, altminteri se produce îngroșarea laturilor dintre poli. Felul legăturii depinde de grosimea conductorului bobinei. Astfel, legătura se poate realiza fie prin răsucirea între ele a

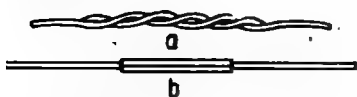


Fig. 3.4. Înnădirea conductoarelor :
a - răsucite; b - cu mufă.

capetelor celor două conductoare, fie prin intermediul unei mufe (fig. 3.4).

Legăturile prin răsucire se realizează în condiții bune, fără a îngroșa în mod inadmisibil latura bobinei, pentru conductoare cu diametrul pînă la 0,5 mm. Legături cu ajutorul mufei se realizează satisfăcător pentru conductoare cu diametru peste 0,5 mm. Se folosesc mufe din tablă subțire de cupru a cărei grosime depinde de secțiunea conductorului, pentru a se realiza o îngroșare cît mai mică a lui. După lipire este necesară ajustarea legăturii, pentru ca eventualele colțuri ascuțite să nu provoace scurtcircuitarea bobinei ; apoi se execută o izolare foarte bună a înnădirii.

3.2. Verificarea numărului de spire la bobinele rotorice. Defecte și remedieri

Bobinele rotorice nu diferă, în general, de cele statorice, deoarece și în acest caz bobinele au numerele de spire care variază de la cîteva spire la cîteva zeci de spire. Totuși, în cazul rotoarelor se întîlnesc bobine speciale confecționate din conductoare profilate ; acestea avînd un număr mic de spire, verificarea lor se face vizual.

În cazul rotoarelor cu poli aparenti, bobinele au număr de spire relativ mare. La aceste mașini procedeele folosite pentru determinarea numărului de spire sînt aceleași ca în paragraful 3.1.

3.3. Determinarea scurtcircuitelor între spire la bobinele statorice și rotorice. Defecte și remedieri

Bobinele statorice, precum și cele rotorice se pot executa în diverse variante : *bobine moi* (fig. 3.5, a), adică bobine din conductoare rotunde așezate, în timpul execu-

ției într-o anumită ordine și cărora, la introducerea în creștăturile miezurilor magnetice ale mașinilor electrice, li se poate schimba poziția, și bobine rigide (fig. 3.5, b); acestea pot fi neizolate, în care caz ele sînt construite din conductoare profilate, în general de secțiune mare sau chiar din conductoare de secțiune rotundă, însă asigurate prin bandaje (fig. 3.5, c). Celelalte bobine rigide,

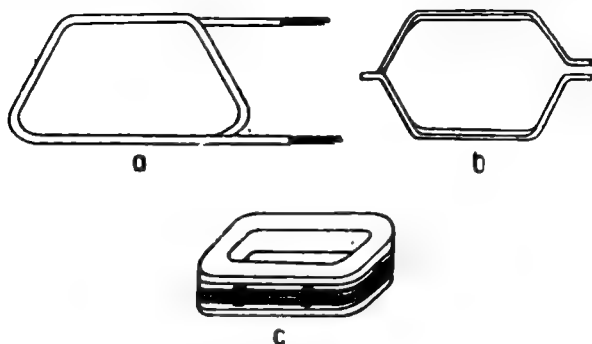


Fig. 3.5. Diverse tipuri de bobine :
a - bobină moale; b - bobină rigidă; c - bobină cu bandaj.

confectionate din conductoare subțiri, se asigură fie prin izolare simplă cu bandă din materiale cu caracteristici electrice, termice și mecanice superioare, fie printr-o izolare mai complexă, iar între stratul de izolație și conductoare se introduce chit special pentru umplerea golurilor rămase datorită formei constructive a bobinei (este vorba de bobinele polare). După izolare, bobinele sînt impregnate, astfel că ele devin rigide făcînd aproape imposibilă o eventuală remediere a defectelor descoperite. La bobinele rotoarelor mașinilor de curent continuu cu creștături deschise, după izolarea cu bandă a conductoarelor, se mecanizează latura activă, asigurîndu-se atît rigiditatea izolației cît și a întregii bobine. În afară de aceste operații obligatorii asupra bobinelor, acestea, în majoritatea lor, sînt supuse la o serie de fasonări și presări, care solicită conductoarele cu diferite eforturi.

Descrierea diferitelor tipuri de bobine a fost necesară, dat fiind că procedeele de verificare precum și cele pentru remedierea defectelor trebuie alese în funcție de tipul bobinei.

Procedeele folosite la verificarea la scurtcircuit a bobinelor nu diferă, în general, de cele pentru determinarea numărului de spire. În cazul scurtcircuitelor între spire trebuie ținut seama însă de faptul că bobinele moi nu trebuie să prezinte defecte de scurtcircuit înainte de a fi introduse în creștături, deoarece conductoarele nu au poziție fixă unul față de altul după scoaterea bobinei după șablon, datorită cărui fapt scurtcircuitul dispare în mod artificial. În concluzie, numai bobinele rigide se vor preta la depistarea eventualelor scurtcircuite între spire după confectionarea lor.

Metodele clasice de determinare a scurtcircuitelor în bobine sînt :

- prin determinarea rezistenței ohmice ;
- prin determinarea tensiunii induse în bobina respectivă ;
- prin producerea de efecte termice în porțiunea de spire scurtcircuitate.

Metoda determinării rezistenței ohmice a fost descrisă în par. 3.1. Dezavantajul acestei metode constă în faptul că o dată determinată rezistența ohmică a circuitului, în cazul unui defect evident (aceasta reiese din faptul că rezistența măsurată a bobinei defecte va fi mai mică decît în cazul cînd bobina ar fi bună), nu se poate preciza caracterul acestuia. Într-adevăr, această micșorare de rezistență poate fi provocată fie de existența unui scurtcircuit între spire, fie de lipsa unui anumit număr de spire.

Metoda determinării tensiunii induse în bobina de verificat, descrisă în par. 3.1, prezintă aceeași deficiență, deoarece micșorarea tensiunii induse poate avea două cauze diferite și anume, fie un scurtcircuit între spire fie lipsa unui număr oarecare de spire.

O metodă simplă, însă destul de sigură este aceea a scoaterii în evidență a porțiunii scurtcircuitate prin încălzirea acesteia. Încălzirea se realizează folosind un electromagnet de felul celui reprezentat în fig. 3.1, format dintr-un miez magnetic, cu bobina primară de alimentare L_1 montată pe unul din brațele lui. Pe cel de al doilea braț se introduce bobina de încercat L_2 , avînd capetele de ieșire desfăcute. Se închide apoi circuitul magnetic montînd jugul mobil J . Prin alimentarea cu curent a bobinei primare, fluxul magnetic care va lua naștere în miezul magnetic va induce o tensiune în bobina de verificat. Bo-

bina fiind un circuit deschis, prin ea nu va circula nici un curent. Dacă însă bobina prezintă un defect de scurtcircuit, prin spirele scurtcircuitate va circula un curent, destul de mare ca intensitate, pentru a provoca încălzirea spirelor respective. În acest fel se poate determina atât existența scurtcircuitului, cât și poziția lui destul de precisă deoarece în locul scurtcircuitului izolația își schimbă culoarea sau se arde.

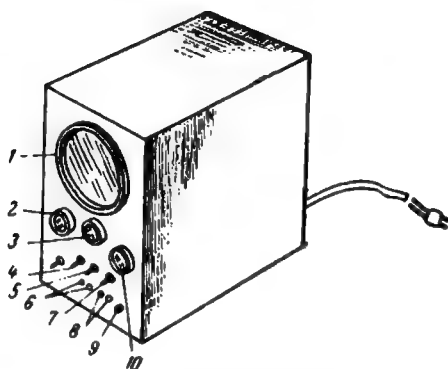


Fig. 3.6. Aparatul C.M.1 :

1 - ecran; 2, 3, 10 - butoane de reglaj; 4, 5, 7 - întrerupătoare; 6, 8 - borne pentru conectarea bobinelor ce se încearcă; 9 - bornă de punere la pământ.

Un aparat mai complex dar în același timp rapid și mai precis este cel reprezentat în fig. 3.6¹⁾. Principiul de funcționare al acestui aparat constă în compararea impedanțelor a două părți ale înfășurării. Acestea se conectează la aparat, care trimite impulsuri scurte de curent de înaltă frecvență, pe rând, în ambele părți ale înfășurării. Impulsurile ajung la plăcile care deviază fasciculul electronic emis de un tub catodic. Punctul luminos fiind deviat, pe ecran se va vedea o curbă luminoasă descrisă de acesta. În cazul când ambele părți ale bobinajului ce se verifică sînt la fel, impulsurile care ajung la plăci vor fi și ele egale, pe ecran apărînd o singură curbă. Dacă o parte a înfășurării are un defect (scurtcircuit sau număr de spire diferit), pe ecranul tubului catodic vor apărea două curbe. Tensiunea de alimentare a aparatului C.M.1

¹⁾ Aparatul C.M.1 a fost conceput de M. V. Smirnov și V. D. Majuga.

este de 120 V. Borna 9 va fi conectată la pământ. Panoul frontal are două perechi de borne pentru conectarea bobinelor care se încearcă, perechea de borne 6 și perechea de borne 8. Deasupra bornelor sînt prevăzute trei întrerupătoare. Prin întrerupătorul 4 se comandă baza de timp pe ecran, întrerupătorul 5 conectează tensiunea anodică, iar întrerupătorul 7 motorul sincron. Între ecran și întrerupătoare sînt așezate trei butoane de reglaj : butonul 2 (din circuitul de impulsuri) reglează tensiunea cu care se alimentează bobina care se încearcă, iar butonul 3 (de focalizare) reglează calitatea razei pe ecran. Cu butonul 10 (capacitatea de simetrie) poate fi înlăturată asimetria naturală a bobinelor care se încearcă.

Capitolul 4

INCERCAREA BOBINAJELOR MAȘINILOR ELECTRICE DE CURENT ALTERNATIV

4.1. Încercările bobinajului statoric și remedierea defectelor

Respectarea unui proces tehnologic judicios întocmit, însoțit de folosirea atentă a materialelor electroizolante, precum și încercările intermediare ale acestora, nu înlătură necesitatea încercărilor bobinajelor după introducerea bobinelor în creștăturile mașinilor. Necesitatea acestor încercări se impune datorită faptului că înainte de introducerea în creștăturile miezului magnetic, bobinele sînt supuse la solicitări mecanice (cum ar fi întinderea conductoarelor, strîngerea bobinei cu bandă izolantă etc.). În timpul introducerii lor în creștăturile miezului magnetic, apar solicitări mecanice suplimentare, din cauza presării lor cu pana la așezarea în creștătură și la introducerea penei de închidere a creștăturii, precum și la presarea capetelor de bobină cu ciocanul cauciucat, operație executată pentru a le da forma corespunzătoare. Aceste presiuni dispar numai într-o măsură foarte mică. În acest fel, eventualele scurtcircuite nedescoperite la verificările intermediare vor persista datorită faptului că poziția conductoarelor nu se mai schimbă. Aceste scurtcircuite pot

și trebuie să fie scoase în evidență. De asemenea, în timpul bobinării poate să apară și un alt fel de defect, acela de atingere a bobinelor cu partea metalică (masa) a mașinii. În această privință sînt deci necesare următoarele încercări ale bobinajelor :

— încercarea rigidității dielectrice și a izolației bobinajelor față de masa mașinii (încercarea izolației la masă);

— încercarea la scurtcircuit între spire sau între bobine.

4.1.1. *Încercarea rigidității dielectrice a izolației*

După cum a fost arătat mai înainte, încercarea rigidității dielectrice a izolației, după introducerea bobinelor în creștăturile miezului magnetic, este absolut obligatorie. Dacă condițiile atelierului respectiv permit este indicat a se face această verificare pe parcursul bobinării, pe grupe de bobine, sau pe fracțiuni din întregul bobinaj. În orice caz, după bobinarea completă a mașinii, aceasta trebuie supusă la probele de încercare a rigidității izolației.

Pentru încercarea izolației la masă, după introducerea tuturor bobinelor și a penelor de închidere a creștăturilor, se verifică întregul bobinaj vizual, pentru înlăturarea eventualelor deranjamente vizibile cum ar fi : lipsa izolațiilor dintre bobinele care fac parte din faze diferite, prinderea unui conductor dintr-o fază și izolat simultan cu bobina unei alte faze, prinderea conductorului între puna creștăturii și tole etc.

După verificarea vizuală și remedierea defectelor observate, se trece la încercarea propriu-zisă a izolației la masă, care se efectuează înainte de a se executa legăturile. Pentru aceasta, capetele bobinelor se leagă împreună, apoi sursa de curent se leagă cu un pol la masa mașinii și cu celălalt la capetele de bobinaj legate în comun.

Tensiunea alternativă cu frecvența de 50 Hz de încercare, nu trebuie aplicată instantaneu deoarece în acest caz pot apărea supratensiuni care provoacă străpungerea izolației. Încercarea trebuie să înceapă cu o tensiune care să nu depășească o treime din tensiunea de încercare (STAS 1893-50). Dacă reglarea tensiunii are loc în trepte, fiecare treaptă de tensiune nu trebuie să depășească 5 % din valoarea finală ; timpul pentru creșterea tensiunii de la jumătate pînă la valoarea finală trebuie să fie de cel pu-

țin 10 s. Durata de menținere a bobinajului sub tensiune este de un minut, după care ea se coboară pînă la o treime din valoarea totală și în sfîrșit, circuitul se întrerupe. În timpul încercării nu se admite nici un fel de pauză. Dacă în timpul încercării nu are loc străpungerea izolației, atunci însemnează că izolația a suportat încercarea.

Este posibil ca în timpul încercării să apară descărcări superficiale sau efectul corona. Apariția acestora nu se ia în considerație, ele fiind de natură diferită față de străpungere. De asemenea poate apărea străpungerea de suprafață care se deosebește de descărcările superficiale. O dată începută descărcarea superficială la o anumită tensiune, dacă tensiunea se scade pînă la zero și apoi se mărește iar, descărcarea superficială va începe la aceeași tensiune la care a avut loc prima descărcare.

Străpungerea de suprafață se produce datorită impurităților care se găsesc pe suprafața izolației sau sînt incluse în suprafață și care permit trecerea curentului și astfel duc la carbonizarea suprafeței izolației. Datorită carbonizării, dacă se micșorează tensiunea la zero, o nouă străpungere se va realiza la o tensiune mai mică decît la prima străpungere.

Străpungerea de suprafață apare în special la mașinile care folosesc perii din cărbune, deoarece acestea, prin frecarea cu suprafețele aflate în mișcare, produc particule libere de material conducător de electricitate (praf de cărbune) care se depun pe suprafețele accesibile, formînd un strat bun conducător. În cel mai bun caz, străpungerea poate fi superficială fără a ataca suprafața izolației.

Este bine ca încercarea izolației dintre faze să se execute o dată cu încercarea izolației la masă. Pentru aceasta se execută legăturile cu scopul de a se obține începutul și sfîrșitul fazelor. Încercarea se efectuează legînd două faze la masa mașinii și aplicînd tensiunea de străpungere la un capăt al fazei rămasă liberă. După încercarea primei faze se repetă operațiile pentru celelalte două faze.

În cazul mașinilor foarte mari, care, în vederea unui transport ușor se bobinează la locul instalării, bobinajul lor nu mai este supus la solicitări în timpul transportului. La aceste mașini, STAS 1893-50 indică ca încercarea izolației la masă să se efectueze cu o tensiune egală cu 85 %

din tensiunea folosită în cazul mașinilor care au un proces tehnologic de fabricație normal.

De asemenea sînt mașini care, datorită mărimii lor, nu se montează complet în fabrica constructoare. Totuși, piesele componente bobinate se supun separat încercării de izolație la masă la tensiunea prevăzută pentru mașinile gata montate. În cazul acestor mașini, STAS 1893-50 prevede că mașina gata montată la locul instalării se supune imediat după terminarea uscării unei încercări suplimentare, cu o tensiune egală cu 75% din tensiunea prevăzută pentru mașinile normale.

Cu cît puterea nominală a mașinii este mai mare, cu atît pretențiile față de izolația bobinajului acesteia sînt mai mari, lucru scos în evidență și în tabela 4.1.

În cazul reparării unei mașini în care s-a înlocuit izolația în totalitate, încercarea izolației la masă se efectu-

Tabela 4.1

Nr. ord.	Specificarea mașinii sau părțile ei	Tensiunea efloace de încercare
1	Mașinile cu o putere mai mică de 1 kW sau 1 kVA, precum și toate mașinile cu tensiunea nominală mai mică sau egală cu 24 V	$2U + 500 \text{ V}$
2	Mașinile cu o putere de la 1 kW sau 1 kVA pînă la 3 kW sau 3 kVA inclusiv, cu tensiunea nominală mai mare de 2U, V	$2U + 1\,000 \text{ V}$
3	a) Mașinile cu o putere mai mare de 3 kW sau 3kVA la tensiune mai mare de 24 V. b) Mașinile cu o putere de la 10 000 kW sau 10 000 kVA în sus cu tensiunea nominală : — pînă la 2 000 V — peste 3 000 V pînă la 6 000 — peste 6 000 V	$2U + 1\,000 \text{ V}$ dar minimum 1 500 V $2U + 1\,000 \text{ V}$ $2,5 U$ $2U + 3\,000 \text{ V}$
4	Bobinajele de excitație ale generatoarelor sincrone la care tensiunea nominală de excitație nu este mai mare de 750 V.	de 10 ori tensiunea nominală de excitație : minimum 1 500 V maximum 3 500 V

Tabela 4.1 (continuare)

Nr. crt.	Specificarea mașinii sau părților ei	Tensiunea eficace de încercare
5	Bobinajele de excitație ale motoarelor sincrone și ale comutatricelor :	
	a) Mașini cu pornire directă în curent polifazat : — dacă pornirea mașinii se face cu bobinajul de excitație închis pe rezistență sau pe sursa sa de alimentare — dacă pornirea mașinii se face cu circuitul bobinajului de excitație deschis, fragmentat pe secțiuni — dacă pornirea mașinii se face cu circuitul bobinajului de excitație deschis, nefragmentat b) Mașini cu pornirea altfel decât în curent polifazat : — motoarele sincrone demarate cu motoare de pornire — comutatricele demarate cu motor de pornire sau în curent continuu	de 10 ori tensiunea nominală de excitație minimum 1 500 V 1 000 V + de 10 ori tensiunea nominală de excitație, minimum 1 500 V 1 000 V + de 20 ori tensiunea nominală de excitație minimum 1 500 V maximum 8 000 V de 10 ori tensiunea nominală de excitație minimum 1 500 V 1 000 V + dublul tensiunii nominale de excitație minimum 1 500 V
6	Excitatricele tuturor mașinilor electrice de orice tip	1 000 V + dublul tensiunii nominale minimum 1 500 V
7	Bobinajele secundare (rotorul motoarelor asincrone) care nu se află în stare de scurt-circuitare permanentă :	1 000 V + de două ori tensiunea nominală a bobinajului, rotorului
	a) Pentru motoarele nereversibile b) Pentru motoarele reversibile	1 000 V + de patru ori tensiunea nominală a bobinajului rotorului
8	Mașini sau aparate montate în grup	Dacă se supune încercării o grupă de mașini noi de curând instalate și asamblate dintre care fiecare a fost supusă încercărilor corespunzătoare de rigiditate dielectrică atunci tensiunea de încercare nu trebuie mărită peste 85 % din tensiunea cea mai mică de încercare a mașinilor asamblate
	Motoare de curent continuu pentru macarale	$3U + 1\,000\text{ V}$

cauă ca și pentru o mașină nouă, adică prin aplicarea tensiunii totale de încercare. Dacă este înlocuită numai o parte a bobinajului, atunci se poate încerca la tensiunea totală numai această parte a bobinajului, iar după executarea legăturilor cu restul bobinajului se poate încerca întregul bobinaj la o tensiune redusă față de tensiunea de încercare, tensiune stabilită la aprecierea beneficiarului.

În cazul producției de masă, se poate efectua încercarea în grup a izolației la mașini avînd aceeași tensiune de încercare, cu condiția ca, pentru fiecare dintre ele, încercarea să concorde cu cerințele standardului. Dacă izolația uneia dintre mașini a fost străpunsă, celelalte mașini vor trebui să fie supuse încercării complete în continuare, fără a se ține seama de timpul în decursul căruia, pînă la străpungerea mașinii amintite, ele au fost sub tensiune.

În cazul că mașina este montată și supusă la probele de încălzire, atunci încercarea izolației trebuie făcută imediat după această probă, cînd mașina are temperatura de funcționare. Verificarea în aceste condiții este indicată, deoarece fiind caldă, izolația se comportă diferit și caracteristicile ei electroizolante scad.

STAS 1893-50 prevede ca și în cazul încercării cu mașina în stare caldă și în cazul cînd mașina este în stare practic rece, încercarea izolației trebuie să fie precedată de încercările de supraturatie și de suprasarcină de scurtă durată. Aceste încercări, efectuate înainte de încercările de izolație la masă, sînt necesare întrucît în timpul rotirii, în bobinajul părților ce se află în mișcare, datorită solicitărilor prin forțele radiale centrifugale, pot apărea deteriorări de izolație. De asemenea, suprasarcinile accidentale sînt urmate de creșterea curentului care va provoca solicitări electrodinamice. Efectul negativ al acestor două regimuri anormale de lucru va putea fi preîntîmpinat prin supunerea mașinii la aceste probe înainte de încercarea izolației.

Scopul final al încercării izolației la masă îl constituie determinarea locului străpungerii și remedierea defectului. La străpungerea izolației are loc o carbonizare a izolației la locul respectiv, pe toată adîncimea ei. La prima străpungere nu se reușește totdeauna să se determine locul străpungerii. Se recomandă scăderea și întreruperea imediată a tensiunii la constatarea străpungerii, pentru a

nu provoca un contact direct între bobinaj și masă, lucru ce îngreuiază descoperirea străpungerii. Detectarea acestui loc se realizează prin aplicarea din nou a tensiunii la locul străpuns, în acest timp observîndu-se apariția fumului, scînteilor sau a zgomotului produs de scînteile care iau naștere într-un loc ascuns vederii. Dacă semnele străpungerii nu sînt vizibile, se va proceda la divizarea bobinajului desfăcîndu-se legăturile și separîndu-se din aproape în aproape.

Uneori, încercările mașinilor la locul de instalare se fac cu ajutorul kenotroanelor (folosite pentru încercarea izolației cablurilor), acestea constituint o sursă de înaltă tensiune redresată. Cu toate că o astfel de încercare nu este prevăzută de condițiile standardelor (care sînt întocmite pentru o tensiune alternativă de frecvență industrială, și nu conțin indicații pentru înlocuirea acesteia cu o tensiune oarecare echivalentă), totuși o astfel de încercare reprezintă avantaje într-o serie de cazuri, din cauza ușurinței cu care se poate executa.

În continuare se vor da unele explicații practice cu privire la efectuarea încercării izolației bobinajului față de masă.

Problema cea mai importantă este măsurarea tensiunii de încercare la bornele sursei. Pentru aceasta se folosește un transformator de tensiune pentru coborîrea ei la o valoare redusă.

În timp ce străpungerea izolației este determinată de valoarea maximă a tensiunii, marea majoritate a aparatelor sînt executate pentru a măsura valoarea efectivă a tensiunii. Valorile mari ale tensiunii sînt determinate de abaterile curbei tensiunii de la forma practic sinusoidală. Comparînd două tensiuni, una sinusoidală și alta triunghiulară, care au valori eficace egale, se constată că cea de formă triunghiulară are o valoare maximă cu 22% mai mare decît cea sinusoidală. Măsurile indicate mai înainte sînt necesare întrucît înseși condițiile de încercare ajută la deformarea formei sinusoidale a tensiunii, prin faptul că izolația respectivă reprezintă pentru sursa de tensiune o sarcină capacitivă care dă naștere fenomenelor de rezonanță.

Pentru a înlătura acest pericol, este necesar ca în afară de măsurarea tensiunii să se facă în același timp și verificarea formei acesteia. În acest scop se folosește un eclator ou sfere, care se

conectează la bornele sursei. Protecția se asigură prin reglarea eclatorului, astfel ca spațiul dintre sfere să fie străpuns la o valoare a tensiunii imediat superioară tensiunii date. În cazul când în timpul încercării eclatorul nu a fost străpuns, se poate afirma cu toată certitudinea că forma unde tensiunii de încercare nu a fost deformată. Folosirea eclatorului creează însă pericolul punerii în scurtcircuit a sursei de tensiune în momentul străpungerii spațiului dintre sfere. Pentru înlăturarea acestei deficiențe se recomandă conectarea în circuitul eclatorului a unei rezistențe foarte mari.

În afară de eclator se pot folosi și alte metode pentru verificarea formei tensiunii de străpungere. Astfel de metode sînt: folosirea oscilografului catodic sau folosirea a două voltmetre conectate în paralel, dintre care unul (electromagnetic) măsoară valoarea eficace a tensiunii, iar celălalt (electrostatic sau electronic) măsoară valoarea maximă a tensiunii, însă este gradat la valoarea eficace a acesteia. Dacă indicațiile voltmetrelor coincid, se poate considera că unda tensiunii nu a suferit deformații.

Tot pentru preîntîmpinarea supratensiunii prin deformarea curbei sinusoidale a tensiunii, se va evita supraîncărcarea transformatorului ridicător de tensiune. În acest scop transformatorul trebuie să fie puțin supradimensionat. Pentru mașinile mici și mijlocii se consideră că puterea trebuie să fie la 0,5—1 KVA pentru fiecare 1 000 V tensiune nominală. Pentru mașinile mari, această putere trebuie să depășească de cîteva ori puterea recomandată pentru mașinile mici.

O altă măsură de protecție este conectarea unei rezistențe în circuitul bobinajului de joasă tensiune al transformatorului. În cazul străpungerii izolației care se încercă, rezistența conectată în serie protejează sursa de tensiune reglabilă împotriva suprasarcinii.

Tensiunea de încercare fiind periculoasă, sînt necesare măsuri de protecție pentru personalul de deservire. În acest scop, se folosesc grilaje și cuști mobile, precum și plăci avertizoare. Pentru prevenirea accesului în spațiul destinat încercărilor, împrejmuirea acestuia se va prevedea cu lămpi de semnalizare care sînt în legătură cu sistemul de blocare a ușilor de acces.

Remedierea defectelor constatate la străpungere, constă în înlocuirea izolației deteriorate cu alta în bună stare. Schimbarea izolației se face cu sau fără demontarea bobinei în cauză, după poziția izolației. Astfel, dacă este străpunsă izolația creștăturii, va fi necesară scoaterea bobinei din creștături și înlocuirea izolației. Procedeele de demontare a bobinei sînt aceleași ca la verificarea scurt-

circuitelor între spire. Dacă a fost străpunsă izolația între două faze, aceasta se va înlocui ușor dacă va fi vorba de o izolație a capetelor de bobină sau se vor izola din nou, dacă este vorba de izolația legăturilor.

4.1.2. Verificarea scurtcircuitelor între spire la statorul bobinat

În afară de punerile la masă ale bobinajului, există alte numeroase defecțiuni care se pot ivi în statorul mașinii de curent alternativ, printre care apariția unor scurtcircuite între spirele bobinajului.

Cea mai frecventă formă de scurtcircuitare a spirelor bobinajului o constituie scurtcircuitarea conductoarelor (două sau mai multe) aceleiași bobine. Un asemenea defect provine fie dintr-un defect de izolație, fie datorită faptului că ea a fost supusă la eforturi mecanice care i-au depășit limita de rezistență. În primul caz, scurtcircuitul poate lua naștere chiar în timpul confecționării bobinei, putînd fi depistat încă înainte ca ea să fie introdusă în creștături sau nu poate fi depistat dacă a dispărut după scoaterea bobinei de pe șablon. În cazul în care acesta nu a putut fi depistat la bobina confecționată, va fi pus în evidență la încercările efectuate asupra statorului bobinat. În cel de al doilea caz, scurtcircuitul se poate produce în însăși mașina bobinată, datorită deteriorării izolației creștăturilor statorului.

Uneori, deteriorarea se produce într-un singur loc, alteleori însă, deteriorarea se produce în două locuri diferite, provocînd dubla punere la masă a bobinajului. Aceste puneri la masă se pot produce la aceeași creștătură, adică scurtcircuitul se produce la aceeași bobină, deci în scurtcircuit vor fi puse un număr mic de spire în două puncte diferite ale aceleiași faze, sau se pot produce în două puncte aparținînd la două faze diferite.

Dacă prin bobinajul unui stator va circula un curent alternativ, în cazul scurtcircuitării unui anumit număr de spire dintr-o bobină, acestea vor constitui înfășurarea secundară a unui transformator, restul bobinajului formînd înfășurarea primară; înfășurarea secundară fiind însă legată în scurtcircuit, curentul care va circula va fi destul de mare pentru a degaja căldură, punînd în pericol atît izolația proprie cît și izolația bobinelor vecine.

Determinarea scurtcircuitului bobinei se poate efectua cu ajutorul electromagnetului, această metodă avînd la bază tocmai formarea unui transformator care va pune în evidență înfășurarea secundară legată în scurtcircuit. În fig. 4.1 este reprezentată construcția unui electromagnet folosit la determinarea scurtcircuitelor în bobinajele sta-
toarelor.

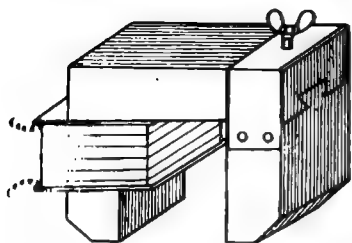


Fig. 4.1. Electromagnet pentru verificarea scurtcircuitelor în sta-
toarele bobinate.

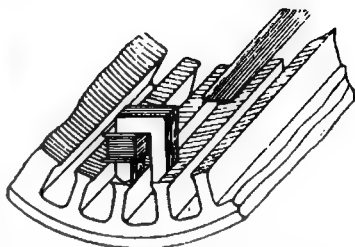


Fig. 4.2. Verificarea statorului
cu electromagnetul.

Electromagnetul este format dintr-un miez de fier, executat în formă de „U“, din tole de 0,35—0,5 mm grosime, izolate între ele și prevăzut cu o bobină alimentată cu un curent alternativ. Coarnele polare ale acestui electromagnet au o formă teșită pentru a se așeza exact pe circumferința interioară a miezului statoric.

În fig. 4.2 este reprezentat felul în care se lucrează cu un asemenea transformator. Acesta va cuprinde totdeauna doi dinți ai statorului, astfel ca împreună cu aceștia, miezul (jugul) statorului să închidă circuitul magnetic al electromagnetului. În bobina scurtcircuitată se induce un curent care provoacă un flux magnetic propriu. Punînd o lamă de oțel subțire pe creștătura în care se află bobina scurtcircuitată, aceasta va vibra (datorită atragerii magnetice), indicînd defecțiunea bobinei. Bineînțeles, că prin determinarea creștăturii care produce vibrarea lamei de oțel nu este determinată și bobina scurtcircuitată, decît numai în cazul bobinajului într-un singur strat unde fiecare creștătură cuprinde latura unei singure bobine. În cazul înfășurărilor în două straturi, (fig. 4.3), acest lucru nu mai este valabil, deoarece în aceeași creștătură se găsesc laturile a două bobine diferite. Deci, vibrarea lamei de oțel pe dinții care limitează

crestătura nu mai poate determina care bobină din cele două este defectă. De aceea, la producerea vibrației la una din crestături se continuă parcurgerea cu electromagnetul a celorlalte crestături simetrice față de prima cu un pas de bobinaj. În fig. 4.3 se poate observa ușor felul în care trebuie căutată bobina defectă. Astfel, dacă lama vibrează deasupra crestăturii nr. 6, se va continua

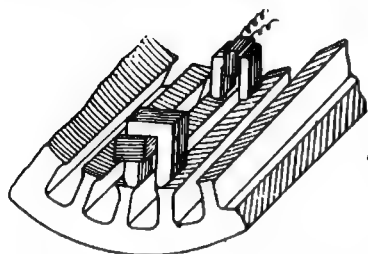


Fig. 4.3. Determinarea bobinei cu defect de scurtcircuit.



Fig. 4.4. Verificarea scurtcircuitului cu cască telefonică.

verificarea pentru crestăturile nr. 1 și nr. 11. În caz că lama va vibra deasupra crestăturii nr. 11, bobina defectă se va afla în crestăturile 6 și 11, iar dacă lama va vibra deasupra crestăturii 1, bobina scurtcircuitată se află în crestăturile 6 și 1. Stabilindu-se în acest fel crestăturile în care se află bobina scurtcircuitată, ele se vor însemna cu cretă și se vor înapoia atelierului respectiv pentru remediere.

La verificarea scurtcircuitului între spire, în locul lamei de oțel se poate folosi o cască telefonică. Această cască va fi alimentată de un alt transformator mic, care să cuprindă între coarneaule polare o crestătură (fig. 4.4). În cazul existenței unui scurtcircuit, fluxul produs de curentul creat în circuitul scurtcircuitat va induce în înfășurarea transformatorului menționat o tensiune de o anumită frecvență și în cască se va auzi un bîzîit care va indica existența scurtcircuitului.

Remedierea efectului se execută în funcție de felul defecțiunii și de stadiul de execuție la care se găsește înfășurarea statorului. Astfel, în cazul statoarelor mașinilor mari (unice), la care remedierea unui defect de scurtcircuitare este foarte grea, fără deteriorarea altor bobine, mai ales după bobinarea completă, se recomandă

cu verificările la scurtcircuit să se execute după introducerea fiecărei bobine în creștături. În cazul unui scurtcircuit, bobina respectivă se poate scoate imediat fără a deranja celelalte bobine. Bobina defectă este supusă apoi separat unei verificări și în funcție de tipul bobinei (moale sau tare), se va proceda la remedierea defectului.

În cazul mașinilor mici se va ține seama dacă legăturile sînt executate și mai ales, dacă bobinajul a fost sau nu impregnat. Se înțelege de la sine că este recomandabilă verificarea pe statorul bobinat, fără legături și neimpregnat. Este posibil însă ca un scurtcircuit existent să nu apară la primul control, adică atunci cînd mașina nu este încă impregnată, ci să iasă în evidență după ce au fost executate cele două operații amintite.

Astfel, în primul caz, cînd mașina nu a fost încă impregnată, se va proceda la scoaterea bobinei defecte fără a deranja bobinele vecine. În acest scop se vor scoate din creștături laturile bobinelor cuprinse în pasul bobinei defecte, plus două laturi și după aceea se va scoate bobina defectă. Se va remedia defecțiunea bobinei sau se va executa alta nouă, dacă cea defectă nu se mai poate folosi. La introducerea noii bobine în creștătură, se va verifica starea izolației acesteia întrucît a fost supusă deteriorării în timpul scoaterii bobinei. Pentru a preveni eventuale surprize neplăcute, se vor folosi două fișii de izolație, așezate prin suprapunere în prelungirea izolației creștăturii, așa cum este reprezentat în fig. 4.5. Procedînd astfel, se înlătură prinderea marginilor izolației creștăturii prin introducerea conductoarelor bobine.

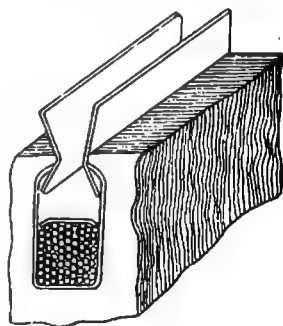


Fig. 4.5. Adaos de izolație la creștătură.

O situație dificilă, cînd statorul gata impregnat este găsit defect, apare fie în cazul unei mașini noi la care s-a constatat scurtcircuitul după impregnare, fie în cazul mașinilor venite din exploatare în atelierul de reparații. Se face recomandarea de a se remedia defectul pe cît posibil la fel ca în primul caz. Cum însă acest lucru nu

este în general posibil fără a pune în pericol bobinele vecine, se recomandă folosirea altor metode. Astfel, se folosește tăierea părții frontale a bobinei defecte și scoaterea conductoarelor din creștătură fir cu fir. Uneori, în funcție de impregnarea realizată, va fi necesară încălzirea prealabilă a bobinajului și implicit a locului, pentru extragerea mai ușoară a firelor din creștătură. O dată scoasă bobina din creștătură, înlocuirea acesteia se poate realiza prin două metode :

a) prin introducerea bobinei înlocuite peste celelalte bobine vecine, acestea fiind în prealabil fasonate astfel încât să facă loc noii bobine. Aspectul porțiunii de bobinaj, în cadrul căreia se află bobina nouă, va fi acela al unui bobinaj în etaj ;

b) prin țeserea pe loc a altei bobine din fir continuu sau întrerupt (în funcție de numărul de spire al bobinei). Conductorul astfel pregătit este trecut succesiv prin cele două creștături, deservirea fiind asigurată de doi lucrători, fiecare lucrând în câte o parte a statorului. După țeserea completă a bobinei, în cazul folosirii conductorului din bucăți, acestea se vor inseria.

După înlocuirea bobinei defecte, bobinajul se va su-pune din nou verificării la scurtcircuit, urmînd ca după aceasta să se execute legăturile și impregnarea lui.

Dacă scurtcircuitul se formează la părțile frontale ale bobinajului, fie prin atingerea spirelor aceleiași bobine, fie prin atingerea spirelor de la faze diferite, se va căuta în primul caz să se îndepărteze eventualele bavuri ale conductorului sau încrucișările acestora, iar în al doilea caz se vor verifica izolațiile de separare a fazelor dacă au fost corect introduse și dacă nu a fost prins conduc-torul de la o fază la alta.

4.2. Încercările bobinajului rotoric și remedierea defectelor

4.2.1. Verificarea rigidității dielectrice a izolației

Verificarea rigidității dielectrice a izolației mașinilor de curent alternativ a fost descrisă mai înainte (4.1.1). În continuare va fi descrisă verificarea rigidității dielec-trice pentru rotoarele bobinate cu inele colectoare. De fapt, metoda de control nu diferă de cea descrisă în cazul

statoarelor, însă diferența constă în faptul că rotoarele, în afară de bobinajul care este asemănător cu cel existent în statoare, sînt prevăzute cu bandaje care asigură bobinajul împotriva forțelor centrifuge, precum și cu inele colectoare. Avînd în vedere aceste deosebiri, prin existența în plus a bandajelor amintite, înainte de încercarea la masă a bobinajului se vor lega la masă și bandajele, obținindu-se astfel, în același timp și verificarea rigidității dielectrice a izolației dintre bandaje și bobinaj.

Cele mai mari dificultăți în verificarea la masă a bobinajelor rotoarelor constau în determinarea precisă a locului străpungerii, întrucît aceste locuri sînt de obicei ascunse vederii. Chiar dacă este determinat locul străpungerii, remedierea defectului rămîne anevoioasă, locurile străpungerilor fiind inaccesibile, majoritatea străpungerilor fiind provocate în părțile frontale ale bobinajelor și sub bandajele acestora. Pentru a înlătura necesitatea îndepărtării ambelor bandaje este nevoie să se determine cu precizie sub care bandaj a avut loc străpungerea. După aceea se va scoate bandajul respectiv înlocuindu-se complet, după remedierea defectului, toate elementele acestuia.

Rotoarele fiind prevăzute cu inele colectoare, acestea trebuie supuse la încercarea de străpungere încă înainte de a fi presate pe ax, adică după ce au fost asamblate pe butucul lor izolat. O a doua încercare la masă se face după presarea pe ax și conectarea bobinajului, o dată cu încercarea la masă a acestuia. În cazul străpungerii izolației dintre inelele colectoare și butucul acestora, se depresează subansamblul inele de pe ax și apoi se scot inelele colectoare de pe butuc înlocuindu-se izolația străpunsă.

În ce privește celelalte operații de remediere a străpungerilor, ele sînt asemănătoare celor efectuate la statoare.

4.2.2. Verificarea la scurtcircuit între spire

În cazul rotoarelor, metoda de verificare a scurtcircuitelor între spire nu diferă de cea aplicată la statoare decît prin construcția puțin diferită a electromagnetului folosit. În fig. 4.6 este reprezentat un transformator (electromagnet) folosit pentru verificarea la scurtcircuit a bo-

binajului rotoarelor, iar în fig. 4.7 este arătat felul în care se execută o asemenea verificare.

În funcție de dimensiunile (greutatea) rotorului, acesta se va așeza între coarnele polare ale electromagnetului sau, electromagnetul se va așeza cu coarnele polare pe suprafața rotorului. La fel ca și în cazul statoarelor, fluxul magnetic al electromagnetului se va închide prin dinții

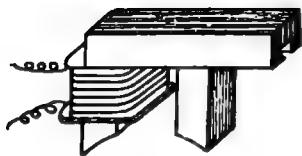


Fig. 4.6. Electromagnet pentru verificarea scurtcircuitelor în rotoarele bobinate.

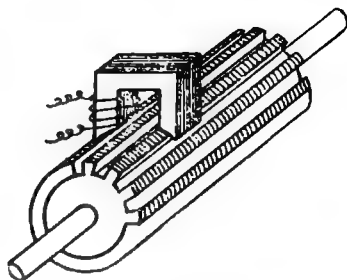


Fig. 4.7. Verificarea rotorului cu electromagnetul.

rotorului, inducând o tensiune în spirele bobinei. În caz că există un scurtcircuit în bobina respectivă, acesta va închide circuitul bobinei provocând nașterea unui curent și deci a unui flux magnetic propriu, adică tocmai acela care va pune în evidență scurtcircuitul amintit.

Procedeu de detectare a scurtcircuitului va fi același ca și în cazul statoarelor, adică cu ajutorul lamei de oțel sau cu ajutorul unei căști telefonice.

4.2.3. Determinarea raportului de transformare

În cadrul încercărilor mașinilor electrice o etapă importantă o constituie determinarea raportului de transformare.

Determinarea acestui raport este oarecum analog cu determinarea raportului de transformare la transformatoare. Diferența dintre mașinile asincrone și transformatoare constă în faptul că, în timp ce în transformatoare acest raport, este totdeauna supra unitar, deoarece bobinajul de înaltă tensiune are un număr de spire superior bobinajului de joasă tensiune, la mașinile asin-

erone acest raport poate fi oricum. Într-adevăr, în mașinile asincrone de joasă tensiune, tensiunea în bobinajul statorului este mai mare decât tensiunea în bobinajul rotorului, în timp ce la mașinile de înaltă tensiune este invers, adică tensiunea în bobinajul statorului este mai mică decât tensiunea în bobinajul rotorului.

În mașinile asincrone raportul de transformare se determină prin raportarea tensiunii bobinajului statoric la cea rotorică, deci acest raport poate fi supraunitar sau subunitar.

În afară de deosebirile dintre transformatoare și mașinile asincrone arătate mai înainte se mai constată și alte diferențe în ce privește raportul de transformare. Astfel, dacă la transformatoare bobinele unei faze se găsesc în general legate în serie, la mașinile asincrone acestea se pot realiza în una sau mai multe căi în paralel. Pentru acest motiv se iau în considerație numai spirele legate în serie. Pe de altă parte, bobinajele statorului și rotorului diferă unul de celălalt nu numai prin numărul de spire legate în serie, dar și prin factorii de bobinaj care nu sînt întotdeauna aceiași pentru ambele bobinaje.

Deci, deosebirea dintre raportul de transformare la transformatoare și cel al motoarelor asincrone constă în diferența elementelor care-l determină și în consecință, în valoarea lor numerică.

Determinarea raportului de transformare se face cu tensiuni diferite, în funcție de tensiunea nominală a mașinii respective. Astfel, pentru mașinile cu tensiune nominală pînă la 500 V, se aplică statorului tensiunea nominală, iar la mașinile cu tensiunea nominală de peste 500 V se aplică o tensiune de 10—15 % din cea nominală.

Deoarece tensiunile pe fază nu se pot măsura la orice mașină, întrucît nu toate au punctul neutru accesibil, la determinarea raportului de transformare se procedează astfel: se alimentează statorul mașinii cu tensiunea stabilită mai înainte, lăsîndu-se circuitul rotorului deschis. Apoi se măsoară ambele tensiuni în linie, pentru bobinajul statoric și cel rotoric. Valoarea raportului de transformare va fi raportul mediilor aritmetice ale valorilor tensiunilor determinate pentru stator și rotor, ținîndu-se seama ca valorile tensiunilor măsurate să nu difere între ele cu mai mult de 10 %.

Pentru a avea imaginea cît mai completă a preciziei determinării acestui raport, trebuie arătat că, spre deosebire de transformatoare unde valoarea relativă a curentului absorbit în timpul alimentării este foarte mic deoarece lipsește întrefierul, valoarea fiind cuprinsă între 6—10 %, la mașinile asincrone această valoare este de 20—30 % pentru cele mari și 40—50 % din curentul nominal pentru cele mici. Acest fapt produce o scădere de tensiune în bobinajul statoric, de unde și o valoare inexactă a raportului de transformare.

Pentru determinarea cît mai precisă a raportului de transformare se procedează în felul următor : se execută o probă prin metoda arătată mai înainte, apoi se repetă proba, alimentînd bobinajul rotorului cu o tensiune egală cu aceeași cotă din tensiunea lui nominală care s-a indicat în cazul primei metode. În acest timp se lasă circuitul statorului deschis. Calculîndu-se raportul de transformare obținut prin ambele determinări, se obțin două valori ale acestuia, K_{T1} și K_{T2} . Valoarea reală a raportului de transformare va fi :

$$K_T \approx \frac{K_{T1} + K_{T2}}{2} \approx \sqrt{K_{T1} \cdot K_{T2}}.$$

4.2.4. Verificarea cîmpului învîrtitor

După executarea legăturilor, la statoarele și rotoarele mașinilor de curent alternativ este necesară o verifi-

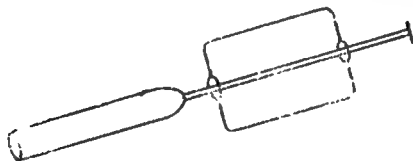


Fig. 4.8. Dispozitiv pentru verificarea cîmpului învîrtitor.

care pentru a se constata dacă nu au fost legate invers unele bobine.

Pentru efectuarea acestui control se folosește dispozitivul reprezentat în fig. 4.8. Acest dispozitiv reprezintă

o spira în scurtcircuit, prin ale căror laturi frontale s-a introdus un ax în jurul căruia se poate roti.

Statorul sau rotorul care trebuie controlat se alimentează cu o tensiune mult redusă (10...15% din tensiunea nominală) și se aduce dispozitivul în apropierea miezului magnetic. Spira începe imediat să se învârtască, în sensul rotii compului învârlitor. În timp ce se parcurge periferia miezului magnetic (la statoare prin interior iar la rotor pe la exterior), dacă se întâlnește o bobină care are legăturile inversate, spira se oprește și continuă apoi rotația în sens invers. După ce iese din zona bobinei cu legăturile inversate, spira dispozitivului revine la poziția inițială de rotație. Zona cu defect se însemnează cu un punct și placa defectă se trimite la atelier pentru remediere.

Capitolul 5

INCERCAREA BOBINAJELOR MAȘINILOR ELECTRICE DE CURENT CONTINUU

5.1. Incercările bobinajelor statoric și rotoric și remedierea defectelor

Defectele bobinajelor mașinilor de curent continuu fac parte din cele ale mașinilor de curent alternativ, datorită unor cauze comune constructiv diferite, precum și a complexității și diversității conexiunilor; în alte cazuri, datorită diferențelor constructivă față de mașinile de curent alternativ, impun o tratare separată a acestor defecte.

5.1.1. Incercarea rigidității dielectrice a izolației

Legea de curent continuu poate să fie prevăzută cu o bobină, trei sau chiar mai multe bobinaje (înfășurarea rotorului, înfășurarea derivației, înfășurarea serie, înfășurarea auxiliară), fiecare având roluri diferite și lucrând la tensiuni diferite. Astfel, înfășurarea derivației suportă tensiunea nominală a mașinii, în timp ce înfășurările serie și auxiliară preiau numai o parte din această tensiune. În consecință, verificarea bobinajului statoric se face veri-

ficind bobinele (cele care se suprapun) una față de cealaltă precum și față de masă.

În ce privește bobinajul rotor, trebuie să se țină seama că acesta este prevăzut cu bandajele de asigurare. La verificarea rigidității dielectrice a bobinajului rotor, bandajele se vor lega la masă. În acest fel se va verifica la tensiunea de străpungere și izolația dintre bandaje și bobinaj. Dacă totuși legarea la masă a bobinajelor nu se poate face dintr-un motiv oarecare, atunci se va proceda la verificarea separată a acestora, cu aceeași tensiune de încercare ca pentru bobinaj, dar conectînd bobinajul la masă.

În ce privește verificarea rigidității dielectrice a bobinajului la indusurile care au fost reparate, se va ține seama de caracterul acestei reparații; dacă la reparația bobinajului indusului s-a înlocuit izolația cu alta nouă, atunci tensiunea de încercare va fi aceeași ca pentru mașinile noi. Acest lucru este valabil numai în cazul cînd s-a înlocuit și izolația colectorului. Dacă aceasta nu a fost înlocuită, atunci se poate aplica tensiunea totală de încercare, dar numai asupra bobinajului înainte ca acesta să fie legat la colector. Dacă indusul a suferit numai o reparație parțială, atunci se poate face încercarea întregului bobinaj la tensiune redusă sau se poate încerca separat partea nouă de bobinaj la tensiunea maximă, iar cel vechi la tensiune redusă.

În ce privește remedierea defectelor, procedeele sînt aceleași ca și la mașinile de curent alternativ. Se observă însă deosebiri datorită unor elemente suplimentare care intră în componența ansamblului respectiv.

Remedierea defectelor datorate străpungerii la masă a bobinajului statoric este destul de simplă dacă străpungerea nu a fost de lungă durată și nu a provocat arderea izolației spirelor. O dată locul străpungerii determinat (v. paragraful 4.1.1), se vor desface legăturile, dacă acestea sînt făcute, apoi se va demonta polul în cauză, înlocuindu-se atît izolația acestuia cît și cea a bobinei. Dacă bobinele au fost impregnate, după înlocuirea izolației, considerîndu-se că spirele au rămas impregnate, bobina nu se va mai supune la același regim de impregnare ca la început. În funcție de destinația mașinii și deci de numărul de impregnări ale bobinei, de data aceasta bobina se va impregna de mai puține ori față de

regimul bobinei noi. După uscarea și montarea bobinei, întregul bobinaj al statorului se va supune din nou tensiunii de străpungere, deoarece bobina nou izolată ar putea să prezinte defecte, iar vechile bobine, datorită scăderii izolației bobinei amintite, nu au putut fi testate până la tensiunea maximă prescrisă.

Dacă însă străpungerea n-a avut loc între bobină și pol și între bobina și carcasă, atunci, în afară de izolația bobinei se va verifica și starea suprafeței carcasei care este în contact cu bobina. În caz că există proeminențe cauzate din turnare sau de la crăpătură, acestea se vor îndepărta. Dacă nu aceasta este cauza și nici calitatea materialelor folosite, atunci se va verifica grosimea bobinei, deoarece la execuție există posibilitatea umflării ei, iar astfel la montare este strânsă cu polul, se produce în mod consecutiv distrugerea izolației.

La indus, separat de străpungerea izolației bobinajului la masa se poate produce străpungerea izolației dintre crestă și bobinaj. În cazul acesta, singura soluție o constă în îndalarea precisă a bandajului respectiv și înlocuirea lui folosind însă o nouă izolație. După executarea acestui bandaj se va încerca la străpungere întregul bobinaj incluziv noul bandaj, deoarece în timpul executării acestora bobinajul a fost presat către fundul și colțurile acestor indusuri.

La determinarea locului străpungerii se va ține seama de faptul că există mai multe posibilități de străpungere. Aceasta se poate străpunge izolația față de masa propriu-zisă a bobinajului, aceasta se va înlocui fie prin scoaterea bobinelor respective, dacă străpungerea a avut loc în crestă sau la pol, prin înlocuirea directă a izolației, dacă este vorba de masa cum este cazul suportului bobinajului. Străpungerea se mai pot produce și la capetele bobinelor, la înlocuirea lor în stegulețele colectorului, prin atingerea capetelor de părțile metalice ale colectorului. În acest caz, după determinarea precisă a locului străpungerii, se va scoate de la colector capetele bobinei în cauză și apoi se va proceda la întărirea izolației acestora.

O altă cauză a străpungerii izolației poate fi slaba aderență a colectorului. În acest caz este necesară scoaterea tuturor capetelor de bobine de la colector și apoi scoaterea colectorului de pe arborele indusului. O dată scos, colectorul va fi iarăși supus unui control pentru deter-

minarea cît mai exactă a locului străpungerii, după care se va proceda la demontarea lui. Apoi, verificarea vizuală a colectorului se va face progresiv pe măsura demontării acestuia. Astfel, la colectoarele cu lamele în coadă de rîndunică, asamblate cu inele conice, se va demonta pui-
lița de strîngere și se vor verifica conurile izolate, care izolează inelele de presare. (În prealabil, coroana lamel-
lelor se strînge cu ajutorul unui colier pentru a se evita
desfacerea ei.) Se verifică aceste conuri izolante, deoarece
ele constituie obiectul străpungerilor izolației colectorului,
înlocuindu-se cele găsite defecte. Dacă colectorul este
cu inele de strîngere îngropate, demontarea lui se rezumă
de fapt la depresarea coroanei de pe butucul izolat, după
care se reizolează butucul. Înainte de reasamblarea colec-
torului, se curăță toată coroana între lamele, înlocuindu-se
eventualele lamele izolante care au fost deteriorate, după
care se execută o încercare între lamele. După asam-
blare colectorul se verifică iarăși la tensiunea maximă de
încercare, după care, în cazul rezultatului favorabil, acesta
se presează din nou pe ax. În urma introducerii conduc-
toarelor bobinajului în stegulețe, colectorul va suporta
o nouă serie de solicitări, datorită cărui fapt tot indusul
va fi supus la o nouă verificare a rigidității dielectrice
a izolației.

5.1.2. Verificarea scurtcircuitelor între spire la bobinajele statoric și rotoric

Scurtcircuitele în bobinele polare se determină încă
înainte de a fi montate pe poli și în carcasă. Totuși, în
timpul montării lor în mașină pot apărea scurtcircuite
în urma efortului de presare la care sînt supuse.

Datorită acestui fapt bobinele au porțiuni care se
prezintă ca niște circuite nestrăbătute de curent, din
care cauză nici nu se încălzesc în timpul funcționării ma-
șinii, în timp ce restul bobinajului se încălzește. Nu se
poate admite funcționarea mașinii cu spire scurtcircuitate,
întrucît acestea creează fluxuri inegale în poli și deci
duce la producerea curenților de egalizare în bobinajul
indusului.

În ce privește indusul mașinii de curent continuu,
scurtcircuitul bobinajului acestuia se determină la fel
ca la motoarele mașinilor de curent alternativ. La rotoa-

cele necesitare de curent continuu mai există însă și colectoriul care poate prezenta defecte de scurtcircuit între lamele și care de fapt se verifică înainte de a pune colectoriul pe arbore. Această verificare constă în controlul relației dintre lamele cu o tensiune joasă. Totuși în timpul bobinării indusului, colectorul este supus la o forță mecanică datorită introducerii conductoarelor de bobinaj în adegulețele lamelelor. Totodată, la lipirea conductoarelor în adegulețe, se poate scurge cositor între lamele provocând scurtcircuitarea lor.

4.1.3 Verificarea corectăii bobinajului indusului

Testele constă în măsurarea rezistențelor secțiilor bobinajului la anumite puncte, pentru bobinajul buclat, între două lamele adiacente ale colectorului, iar pentru bobinajul buclat între lamelele distanțate cu un pas la colector.

Pentru verificarea pasului la colector la bobinajul buclat se vor determina lamelele între care valoarea rezistenței măsurate este cea mai mică, distanța dintre ele fiind dublul pasului polar. În acest caz, rezistența măsurată este rezistența unui circuit complex în care o bobină este legată în paralel cu restul bobinajului. Acesta din urmă este format la rîndul său, în cazul existenței bobinajului echipotențial dintr-o serie de căi în paralel, între ele. Datorită faptului că rezistența bobinei nu este nici mică decît a restului bobinajului cu care este legată în paralel, oricare ar fi condițiile, prin metoda indicată se poate determina orice defect de natură să provoace o creștere sau o scădere bruscă a rezistenței acestor secțiuni cum ar fi o lipitură defectuoasă, un scurtcircuit cu masă sau o întrerupere etc. Abaterea cu o lamelă de la pasul corect indică rezistența minimă, dă o creștere foarte mare a rezistenței.

Pentru bobinajul buclat simplu, numărul de poli fiind oricare, fără legături echipotențiale, cu număr impar de perechi de poli, bobinajul fiind închis o singură dată, verificarea se face astfel : se alimentează bobinajul indusului prin două lamele ale colectorului diametral opuse, măsurându-se căderea de tensiune pentru fiecare secție între două lamele alăturate. Verificarea se face cu un mili-ohmmetru cu ajutorul a două vîrfuri metalice (tastere).

În cazul rotoarelor care au legături echipotențiale, acestea se vor verifica în felul următor : se măsoară rezistențele dintre lamelele care se găsesc una față de alta la distanță egală cu un pas al legăturilor echipotențiale pe colector. Această distanță este egală cu cîtuł dintre numărul lamelelor colectorului și numărul perechilor de poli :

$$y_{Kz} = \frac{n_k}{p},$$

în care :

n_k este numărul lamelelor colectorului ;

p — numărul perechilor de poli.

Vor apărea două situații : una corectă pentru legături echipotențiale complete și o a doua incorectă, cu număr mai mic de legături echipotențiale. În primul caz, rezistențele măsurate între două lamele oarecare, trebuie să fie egale, iar în cel de al doilea caz, rezistențele vor avea valori cuprinse între o valoare minimă, care corespunde măsurării rezistenței între lamelele prevăzute cu legături echipotențiale și o valoare maximă care corespunde măsurării rezistenței între lamelele cele mai îndepărtate de cele prevăzute cu legături echipotențiale. În ambele cazuri diferențele în plus sau în minus vor indica defecte de lipire, întreruperi sau scurtcircuite.

5.1.4. Controlul lipiturilor la colector. Alte defecte la rotor

Procedeele de fixare a capetelor conductoarelor la lamelele colectorului sînt diferite. La unele colectoare foarte mici, lamelele nu au prevăzută nici o creștătură, capătul bobinei urmînd a fi lipit direct deasupra lamelei (fig. 5.1). Lamelele altor colectoare au prevăzută o creștătură la unul din capete, executată prin frezare, lățimea creștăturii fiind aleasă în așa fel încît conductorul să intre în ea puțin forțat. De altfel, după introducerea conductorului lamela se sertizează cu ajutorul unei dălțițe pentru a bloca conductorul în creștătură (fig. 5.2). O altă formă de fixare la lamelă a conductorului este realizată prin intermediul unui steguleț format din tablă de cupru. El se poate executa separat de lamelă sau din însăși

lamela collectorului. În fig. 5.3 sînt reprezentate ambele construcții de stegulețe, prima fiind formată dintr-o singură fișie de tablă formată manual sau cu o matriță și care se introduce în creștătura frezată a lamelei, iar cea

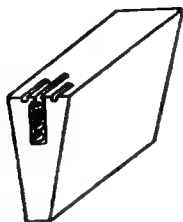


Fig. 5.1. Lamelă cu conductorul lipit la suprafață

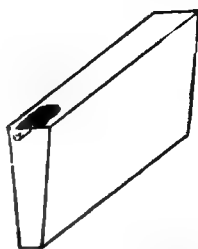


Fig. 5.2. Lamelă cu creștătură sertizată

de a doua este realizată din tablă tăiată în forma lamelei și care întregeste de fapt lamela. În primul caz, stegulețul se fixează în creștătura lamelei prin nîtuire și cosi-

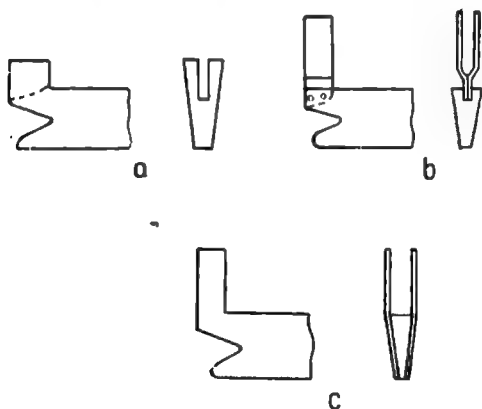


Fig. 5.3. Diferite tipuri de stegulețe:
a - din lamelă; b - nituit; c - special

torire sau prin sudare cu material ușor fuzibil, cum ar fi cupru fosforos la care s-a adăugat un anumit procent de argint care asigură obținerea unui aliaj nefragil, calitate pe care nu o are aliajul cupru-fosfor. După introdu-

cerea conductoarelor în stegulețele lamelelor, acestea se lipesc cu aliaj de cositor pentru a se asigura un contact electric și mecanic bun între cele două elemente. Lipirea se poate executa cu ciocanul de lipit, sau în băi speciale cu cositor. Lipirea cu ajutorul unor astfel de băi se realizează prin cufundarea stegulețelor în baia cu cositor asigurându-se restul collectorului împotriva cositorului, cu ajutorul unui inel și a unei garnituri de azbest.

Atît în cazul folosirii ciocanului de lipit cît și în cazul folosirii băii cu cositor pot apărea aceleași defecțiuni în lipirea stegulețelor și anume, topirea cositorului fără a se obține fluiditatea necesară pătrunderii acestuia prin toate spațiile mici dintre conductoare și stegulețe. Pentru obținerea fluidității necesare este nevoie să se încălzească la temperatura de topire a cositorului atît acesta cît și ansamblul conductoare-stegulețe. În caz contrar, se va obține o lipire superficială și deci un contact necorespunzător între conductoare și stegulețe. Pentru a preîntîmpina defecțiuni grave ce se pot produce în mașină, datorită lipiturilor incorecte la collector, este necesară executarea unui control al acestora.

Un prim control se execută vizual, trecîndu-se în revistă fiecare lipitură în parte. O lipitură executată corect se poate determina vizual după aspectul ei : cositorul trebuind să aibă aspectul unui fluid care s-a întins ușor ; nu este admis nici un orificiu sau suprafață de contact fără cositor.

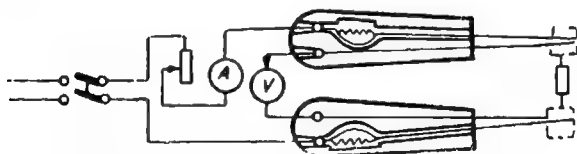


Fig. 5.4. Dispozitive pentru măsurarea căderii de tensiune

Un control bun se poate executa prin metoda măsurării căderii de tensiune, cu ajutorul unui aparat, ca cel reprezentat în fig. 5.4. Procedul este următorul : se numerează mai întîi lamelele collectorului. Se reglează

reostatul R la valoarea sa maximă, apoi se închide întrerupătorul K . Se aşază barele b_1 şi b_2 pe două lamele, avînd grijă să se aleagă o suprafaţă a lamelei care poate permite eventualele degradări provocate de scînteile de contact (de preferinţă frontal). Se apasă apoi pe bară, conectînd în acest fel voltmetrul la lamelele ce se controlează. Curentul ce trece prin lamele va fi reglat cu ajutorul reostatului R , şi măsurat de ampermetrul conectat în serie. Reostatul se va regla în aşa fel încît deviaţiile voltmetrului şi ampermetrului să fie destul de vizibile pentru a le putea citi cu uşurinţă. Controlul se face deplasînd barele din lamelă în lamelă pe tot colectorul. În tot acest timp, se notează indicaţiile voltmetrului şi ampermetrului pentru fiecare pereche de lamele alăturate. Dacă una din lipituri nu este corect executată, indicaţia voltmetrului trebuie să arate o diferenţă foarte mare faţă de celelalte, în funcţie de mărimea defectului. Dacă lamele nu prezintă defect de lipire, atunci diferenţa căderii de tensiune dintre ele, măsurată cu voltmetrul V , trebuie să fie de circa 5—10 %. În caz că s-au găsit lamele prost lipite, se va trece la remedierea lor. Dacă în această situaţie sînt numai cîteva lamele, atunci se vor lipi din nou numai acestea. Dacă însă procentul de lamele lipite defectuos este mare, se va trece la relipirea tuturor lamelor. După această remediere, lipiturile vor fi supuse unui control nou.

Cu acelaşi aparat reprezentat în fig. 5.4 se pot determina şi scurtcircuiturile dintre spirele bobinajului. Procedul este acelaşi ca şi în cazul controlului lipiturilor la colector. În cazul cînd în secţia controlată există spire scurtcircuitate, datorită micşorării rezistenţei acesteia, indicaţiile voltmetrului vor fi mai mici, deoarece şi căderea de tensiune din secţia respectivă va fi mai mică.

După indicaţiile voltmetrului se poate constata şi o eventuală diferenţă în plus a numărului de spire. În acest caz căderea de tensiune va fi mai mare şi în consecinţă deviaţiile voltmetrului vor fi mai mari.

VERIFICAREA IZOLAȚIEI. CONSIDERENTE PRIVIND EXECUȚIA BOBINAJELOR

6.1. Măsurarea rezistenței izolației

Una dintre primele verificări ce se execută asupra mașinilor electrice o constituie măsurarea rezistenței izolației bobinajului față de masa mașinii și a izolației dintre diversele bobine.

STAS 1893-50 indică că această rezistență nu trebuie să fie mai mică decât rezistența obținută cu relația :

$$r = \frac{U}{1000 + \frac{P}{100}} \quad (\text{M}\Omega),$$

în care :

r este rezistența izolației ;

U — tensiunea nominală a bobinajului, V ;

P — puterea nominală a mașinii, kVA.

Măsurarea rezistenței izolației la mașinile polifazate ar putea prezenta unele discuții. Într-adevăr, nu este totuna dacă se efectuează măsurarea rezistenței izolației întregului bobinaj sau dacă se efectuează pentru fiecare fază separat. În cazul măsurării rezistenței izolației pentru o mașină cu mai multe faze, rezistența măsurată apare ca o grupare în paralel de tot atâtea rezistențe câte faze are. Considerind că este vorba de o mașină trifazată, rezistența izolației va fi : $\frac{1}{r_t} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}$, unde : $r_1, r_2, r_3 \dots$

sînt rezistențele izolației pentru cele trei faze.

Cum însă rezistențele fazelor sînt egale, situația va fi :

$\frac{1}{r_t} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \frac{1}{r} = \frac{3}{r}$ de unde $r_t = \frac{r}{3}$, sau pentru o mașină cu „ m ” faze :

$$r_t = \frac{r}{m}.$$

Totuși, această nesiguranță în aprecierea valorii reale a rezistenței izolației poate fi înlăturată, procedindu-se analog cu încercările izolației bobinajului față de masa mașinii. Astfel, în cazul cînd începuturile și sfîrșiturile fazelor bobinajului sînt accesibile, ele se vor desface de

la restul bobinajului și faza respectivă se va încerca separat. Dacă însă conexiunea fazelor este făcută în interiorul mașinii, atunci se consideră întregul bobinaj ca un singur circuit. În cazul cînd bobinajul nu are fazele unite electric între ele în interiorul mașinii, începuturile și sfîrșiturile lor fiind scoase separat, cu scopul conectării la tensiuni diferite, măsurarea rezistenței izolației se efectuează pentru întregul bobinaj. Totuși, se poate executa și separat măsurarea fazelor, una față de cealaltă. Un caz concret îl constituie bobinajul mașinilor de curent continuu în două straturi, legate de colectoare diferite. Este de la sine înțeles că în acest caz va trebui măsurată și rezistența de izolație între cele două bobinaje.

În cazul bobinelor polare ale mașinilor electrice, constituite din înfășurări conectate în paralel, în serie etc. cu rotorul, acestea se vor considera circuite separate și deci măsurarea rezistenței izolației se va executa pentru fiecare în parte.

Este cunoscut faptul că o dată cu creșterea temperaturii, rezistența izolației scade. De aceea se va măsura rezistența izolației la temperatura de lucru sau în cazul măsurării rezistenței acesteia în stare rece, se va ține seama de fenomenul amintit.

Pentru măsurarea rezistenței izolației se folosește megohmmetrul cu tensiunea de 500 V. Cu acesta se pot măsura rezistențe pînă la 100 M Ω , iar pentru măsurarea unei rezistențe mai mari, se va folosi alt megohmmetru avînd tensiunea mai mare (1 000 V) cu condiția ca tensiunea acesta să nu atingă valoarea tensiunii de străpungere a izolației.

Folosirea megohmmetrului se face legîndu-se la masa mașinii borna acestuia destinată legării la pămînt, iar cealaltă bornă la capătul liber al bobinajului. În cazul măsurării rezistenței izolației între bobinele sau fazele înfășurării, se vor lega ambele borne ale megohmmetrului la cîte un capăt al fiecărei bobine, respectiv faze. Pentru măsurarea rezistenței izolațiilor cu valori mici, se folosesc ohmmetre sau punți de măsurat. În acest caz se vor efectua cîte două măsurători, schimbîndu-se de fiecare dată sensul curentului. Se va considera că izolația respectivă nu conține umezeală dacă în ambele cazuri valorile obținute sînt egale, ceea ce denotă că nu există

nici o forță electromotoare între bobinaj și masa mașinii și care ar lua naștere în cazul prezenței umezelii.

La măsurarea rezistenței izolației, trebuie ținut seama de apariția unor descărcări electrice, datorită prezenței unui condensator adică a unei capacități electrostatice în mașina electrică asupra căreia se execută măsurarea. Într-adevăr, conductoarele bobinajului, împreună cu izolația și masa mașinii, formează un condensator, în care conductoarele formează o armătură, masa mașinii formează a doua armătură, iar izolația dintre acestea două formează izolația dintre armăturile condensatorului, adică dielectricul.

Pentru evitarea unui accident ce s-ar putea ivi în cazul atingerii capetelor conductorilor după măsurare, de către orice persoană, tensiunea acumulată trebuie scursă la pământ, prin legarea bobinajului la masa mașinii timp de circa două minute.

La măsurarea rezistenței izolației la mașinile de înaltă tensiune se ivesc dificultăți datorită capacității mari ce o prezintă bobinajele acestora. Dificultatea constă în faptul că această capacitate trebuie încăreată cu un potențial egal cu tensiunea sursei megohmmetrului. Pentru a realiza aceste încărcări este necesară acționarea megohmmetrului un timp îndelungat, ceea ce este foarte obositor pentru cel ce execută măsurarea. Pentru diminuarea acestui neajuns se adaptează la megohmmetru un motoras, de acționare. Tot în acest scop se pot folosi megohmmetre cu instalație redresoare, alimentată de la rețeaua de curent alternativ. În ambele cazuri, pentru a realiza măsurarea, se așteaptă stabilizarea completă a indicațiilor megohmmetrului, care vor varia un timp. În funcție de durata de stabilizare a indicațiilor megohmmetrului, se apreciază gradul de umiditate a izolației. Bazat pe aceasta s-a stabilit metoda de absorbție cu ajutorul căreia se determină durata de stabilizare a megohmmetrului în cazul rotirii continue și uniforme. Această durată este determinată ca fiind raportul dintre două indicații ale megohmmetrului și anume, indicația care arată r_{15} (rezistența după 15 min de la începerea rotirii megohmmetrului) și r_{60} (măsurată după 60 s). În cazul când este respectată egalitatea

$$k = \frac{r_{60}}{r_{15}} \geq 1,3$$

în care k poartă denumirea de *coeficient de absorbție*, izolația se consideră practic uscată.

Ca îndrumări practice, se arată că măsurarea rezistenței de izolație pentru bobinaje impregnate se face astfel : după ce acestea au fost ținute în cuptor un timp egal cu cel indicat în documentația tehnică respectivă, rezistența izolației se măsoară imediat după scoaterea din cuptor pentru a verifica comportarea acesteia încă în stare caldă. În caz că rezultatul măsurătorii nu este corespunzător celui indicat, bobinajul respectiv se va introduce din nou în cuptor și se va ține un timp oarecare, în funcție de durata normală de uscare și de rezultatul măsurării.

Rezistența izolației la bobinele polare, după impregnare, se poate verifica fie înainte de scoaterea acestora din dispozitivul de presare, fie folosindu-se un alt dispozitiv de presare. Procedul de remediere al unei eventuale rezistențe de izolație mici, va fi identic cu cel expus în cazul statorului sau rotoarelor bobinate.

6.2. Considerații privind executarea corectă a bobinajelor

În afară de calitatea materialelor folosite la bobinarea mașinilor electrice, cauza principală a defectelor în mașinile electrice o constituie executarea incorectă a bobinajelor. Primul lucru de care trebuie să-și dea seama fiecare executant este felul materialelor pe care urmează să le folosească. Materialele izolante folosite (pentru izolarea creștăturilor, pentru izolarea straturilor din creștătură, pentru cotelile ce se introduc între capetele bobinelor în vederea izolării fazelor una față de alta etc.) trebuie să fie cele prescrise în documentația tehnică, dacă mașina este nouă sau trebuie să corespundă izolației găsită în mașină înainte de a fi demontată, când mașina este venită pentru reparație sau, să se țină seama de caracteristicile mașinii și de condițiile de exploatare, dacă mașina urmează să fie rebobinată. Se verifică cu atenție, vizual, calitatea acestor materiale, dacă cartonul preșpan nu este degradat, dacă micafoliul nu se exfoliază etc. Trebuie ținut seama de faptul că o mașină electrică izolată cu materiale corespunzătoare tensiunii și condițiilor de exploatare a mașinii, care însă au anumite puncte cu izolația slăbită, nu mai poate fi cotelată ca fiind izolată corespunzător funcționării normale a mașinii ; ea

poate fi considerată ca fiind prevăzută cu izolație, corespunzător punctelor slăbite. Aceasta impune o atenție deosebită izolării mașinii, fără porțiuni de izolație deteriorată sau slăbită.

La confecționarea bobinelor, în special a celor pentru mașinile asincrone, se va verifica șablonul din punct de vedere al finisării suprafețelor precum și din punct de vedere al lățimii, această din urmă condiție fiind necesară pentru a nu se produce încrucișarea conductoarelor spirelor, la introducerea lor în creștătură, cauzată de executarea unei bobine mai late decât înălțimea creștăturii. Acest lucru conduce în ultimă instanță la scurtcircuitarea spirelor. În timpul înfășurării spirelor pe șablon se va urmări așezarea acestora într-o anumită ordine, deoarece, în general, cauza scurtcircuitelor între spire o constituie tocmai încrucișarea conductoarelor lor, fie în timpul confecționării bobinelor, fie în timpul introducerii bobinei în creștătură.

Bobinele trebuie formate pe cât posibil în afară, înainte de a fi introduse în creștătură. Bobinele rotorice și satorice vor avea, pe cât posibil, forma din timpul bobi-

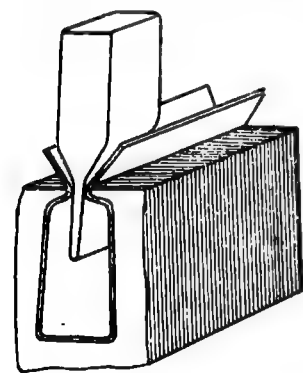


Fig. 6.1. Folosirea penel pentru aranjarea conductoarelor în creștătură.

nării, formându-se dinainte și coturile, deoarece formarea acestora pe mașină, adică după introducerea bobinei în creștături, provoacă forțarea și chiar deteriorarea izolației la colțurile creștăturilor. În vederea așezării ordonate a conductoarelor în creștătură se va folosi o pană din lemn lustruită sau din alt material adecvat care se va plimba prin creștătură, așa cum este reprezentat în fig. 6.1. Nu este permisă folosirea de scule metalice deoarece acestea deteriorează izolația conductoarelor și chiar a creștăturilor. După cum s-a mai arătat, încrucișările conductoarelor duc la strivirea izolației acestora și deci la scurtcircuitarea lor.

În ce privește forma penei creștăturii, aceasta trebuie să aibă lățimea egală cu lățimea creștăturii la nivelul

introducerii ei. De asemenea, forma secțiunii penei trebuie să corespundă cât mai exact formei secțiunii creștăturii. Lățimea și forma necorespunzătoare a penei produce răsucirea ei în creștătură și nesiguranța fixării conductoarelor.

După introducerea fiecărei bobine în creștătură, mai este necesară fasonarea lor suplimentară pentru ca ele să ocupe locul strict ce le-a fost rezervat. Nu este ad-

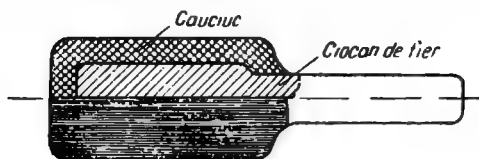


Fig. 6.2. Ciocan cauciucat.

misă lovirea bobinei pentru a-i da forma necesară, acest lucru conducând la deteriorarea izolației. Fasonarea se va face pe cât posibil cu mâna, pentru ușurința acestei operații se execută în prealabil o preformare. Totuși, dacă nu este posibilă aducerea, la forma dorită, cu mâna, se va folosi un ciocan metalic îmbrăcat în cauciuc (fig. 6.2). Numărul loviturilor va fi limitat, dacă se poate chiar la una, acestea fiind în același timp scurte și nu prea puternice.

La introducerea coturilor izolante între bobine pentru a izola fazele între ele, se va urmări să nu se prindă cu izolația spire de la o bobină (fază) la cealaltă fază, aceasta ducând la străpungerea izolației în timpul controlului între faze.

În ce privește corecta execuție a bobinajului statoric al mașinii de curent continuu, aici, în afară de observațiile făcute cu privire la înfășurarea bobinelor pe șablon, precum și la respectarea dimensiunilor șablonului, mai sînt necesare cîteva observații despre celelalte operații, pînă la obținerea bobinei finite. La confecționarea bobinei pe șablon, se va urmări așezarea spirelor una lîngă alta, fără spații între ele, pentru a nu permite spirelor din stratul superior să intre între cele din stratul inferior, creînd posibilitatea producerii de scurtcircuite. Trebuie de asemenea dată atenție forței cu care este întins conductorul în timpul înfășurării, deoarece o tensiune mică face ca bobina să fie umflată, adică să nu aibă un

interior dreptunghiular sau pătrat. Acest lucru provoacă depășirea gabaritului permis pentru bobină și deci dificultăți la montarea ei în stator. După înfășurarea spirelor pe șablon urmează demontarea bobinei, după asigurarea prealabilă a spirelor; pentru asigurare nu se vor folosi sîrme, acestea putînd deforma conductoarele și distruge izolația lor.

Importanță mare prezintă executarea înserierilor dintre bobinele jumelate sau a capetelor de ieșire. La executarea bobinei pe șablon, acesteia nu i se poate asigura locașul de așezare a mufelor de înseriere. De aceea, se va urmări așezarea lor în așa fel încît să nu micșoreze dimensiunile interioare ale bobinei. Dacă gabaritul mașinii permite, se va prevedea dimensiunea interioară a bobinei ținîndu-se seama de mufa de înseriere. În ce privește capetele de ieșire, acestea vor fi continuate cu cabluri fixate prin intermediul mufelor sau prin răsucire, asamblarea făcîndu-se în așa fel încît să nu provoace îngroșarea bobinei pe latura respectivă. Mufa se va executa din tablă cît mai subțire, mărindu-se în schimb lățimea ei.

Tabla o dată tăiată, se vor ajusta marginile tăioase care prezintă pericolul tăierii izolației. Aceste măsuri care par mărunte sînt în realitate foarte importante, deoarece duc la micșorarea grosimii izolației și deci a bobinei în dreptul mufei.

O etapă principală în execuția bobinelor polare o constituie izolarea și impregnarea acestora. Într-adevăr, o izolare necorespunzătoare, ne mai vorbind de o calitate necorespunzătoare a materialului folosit, duce la deteriorarea acestor bobine în timpul montării lor pe polii mașinii. Nu este suficient să se respecte grosimea maximă a izolației pe porțiunile drepte ale bobinei, ci este necesară respectarea acestei grosimi și la coturi. Se observă tendința multor executanți de a îngroșa izolația la coturi, datorită suprapunerii repetate a benzii de izolat și a încrețiturilor care iau naștere din cauza spațiului restrîns.

La asamblarea bobinelor polare pe polii mașinii, trebuie dată atenție pieselor auxiliare (garniturile de susținere și izolante). Se prevăd rame izolante care trebuie să fie executate din materiale destul de flexibile, pentru a nu se produce spargerea lor la strîngerea polilor. Pentru a evita jocul bobinelor pe înălțimea polului, ele

se asigură cu ajutorul unor rame distanțoare care au forma reprezentată în fig. 6.3. Bobinele polare se formează înainte de a fi impregnate, ele trebuind să aibă forma cât mai exactă a locului ce urmează a-l ocupa. Trebuie evitată formarea bobinelor polare prin strângerea polilor, acest lucru dînd naștere în majoritatea cazurilor, la scurtcircuite sau străpungeri de izolație.

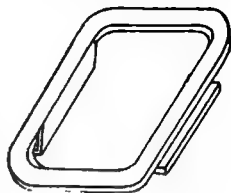


Fig. 6.3. Ramă distanțoare pentru bobinele polare.

Unele rotoare au prevăzute bandaje din sîrmă de oțel, pentru asigurarea capetelor de bobine. S-ar părea că executarea unor astfel de bandaje nu constituie o problemă. Totuși, o execuție incorectă a acestora duce la o serie de defecțiuni grave care au ca urmare deteriorarea întregului bobinaj al rotorului și în consecință, scoaterea din funcționare a întregii mașini.

Pentru executarea corectă a bandajelor, înainte de înfășurarea sîrmei de oțel trebuie făcute o serie de pregătiri : se aranjează părțile frontale ale bobinajului în așa fel ca acesta să aibă o oarecare înclinare spre periferia rotorului, așa cum este reprezentat în fig. 6.4. Această înclinare este necesară în vederea asigurării ca bandajul să nu se deplaseze longitudinal, pe bobinaj și să nu sară de pe el. În timpul bandajării înclinația se pierde, partea frontală a bobinajului reușind să ajungă în poziție orizontală. Se verifică diametrul exterior al bobinajului care trebuie să permită plusul de grosime realizat prin executarea bandajului.

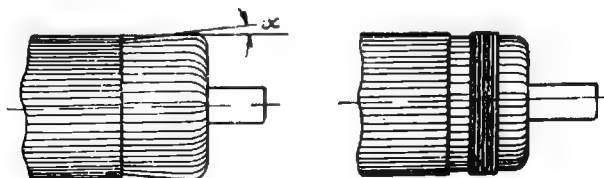


Fig. 6.4. Executarea corectă a bandajelor.

Totodată se asigură mijloacele de realizare a forței de întindere a sîrmei de oțel în timpul bandajării, forță care trebuie să corespundă celei indicate în tabela 6.1.

Această forță se poate măsura cu ajutorul unui dinamometru. Rotorul, așezat pe o capră metalică prevăzută cu suporti de lemn pentru a proteja axul, se acționează

Tabela 6.1

Diametrul sîrmei, mm	Secțiunea mm ²	Rezistența la rupere		Tensiunea în fir, kgf/mm ²
		kgf/mm ²	Pentru toată secțiunea kgf	
1,00	0,785	180	141	55
1,55	1,770	170	300	124
2,00	3,14	170	535	220

manual, sau mecanic dacă atelierul respectiv dispune de o asemenea instalație. În ce privește izolația dintre bandaj și bobinaj, aceasta va trebui să reziste la încercarea de străpungere. Grosimea și calitatea acestei izolații se alege ținîndu-se seama și de faptul că va fi supusă la tensiunea de întindere a sîrmei în timpul bandajării, rămînînd mai departe sub această tensiune. Fixarea capătului firului de bandajat nu se va face de conductoarele bobinajului, ci de o piesă specială ce se va fixa pe axul rotorului.

În timpul bandajării trebuie asigurată o poziție perfectă a sîrmei în așa fel, încît să nu rămînă nici un loc gol între spirele bandajului, lucru realizat cu ajutorul unei pene de lemn.

În timpul bandajării, trebuie să se asigure rotorului o rotire echilibrată, plană, adică să nu se producă „fularea” lui (pentru a nu se realiza un bandaj al cărui plan să nu fie perpendicular pe arborele rotorului, în care caz se poate produce în orice moment slăbirea bandajului).

Capitolul 7

VERIFICĂRI GENERALE ALE BOBINAJELOR MAȘINILOR ELECTRICE

7.1. Verificarea legăturilor la mașinile de curent continuu

O problemă care se ridică în activitatea practică a construcției de mașini electrice este verificarea legăturilor după ce acestea au fost executate. Deoarece mașinile de curent continuu au legăturile cele mai complexe,

în continuare vor fi descrise metodele de verificare a executării legăturilor la aceste mașini.

Faptul că după asamblarea mașinii, remedierea unor eventuale greșeli în executarea legăturilor necesită demontarea întregii mașini impune efectuarea acestui control înainte de asamblarea mașinii. Controlul ce se execută se referă la legăturile dintre diferitele elemente ale unui anumit bobinaj, precum și la legăturile dintre diversele bobinaje. Această necesitate reiese din faptul că mașinile de curent continuu sînt prevăzute cu o serie întreagă de bobinaje, pe polii principali și auxiliari.

În privința legăturilor ce se pot executa între toate aceste bobine, se ține seama de faptul că prin conexiunile efectuate se urmărește realizarea unor polarități diferite la polii ce se succed. Aceste polarități se obțin prin inversarea circulației curentului în bobinele ce se succed, inversare realizată prin metode diferite, în funcție de construcția bobinelor și de posibilitatea executării legăturilor interioare.

Conexiunile între bobine, pentru obținerea polarității, se pot executa în mai multe feluri, în funcție de sensul de înfășurare a bobinelor. Astfel, în cazul executării bobinelor în același sens, polaritățile se asigură (fig. 7.1, a), prin legarea sfîrșitului bobinei 1 cu sfîrșitul bobinei 2, începutul bobinei 2 cu începutul bobinei 3 și sfîrșitul bobinei 3 cu sfîrșitul bobinei 4. În fig. 7.1, b, unde bobinele polare au fost confecționate două cîte două cu același sens, se leagă sfîrșitul bobinei 1 cu începutul bobinei 2, sfîrșitul bobinei 2 cu începutul bobinei 3 și sfîrșitul bobinei 3 cu începutul bobinei 4.

O altă variantă de legături este reprezentată în fig. 7.1, c, unde s-au legat sfîrșitul bobinei 1 cu începutul bobinei 3, sfîrșitul bobinei 3 cu sfîrșitul bobinei 2 și începutul bobinei 2 cu sfîrșitul bobinei 4. În fig. 7.1, d este reprezentată executarea conexiunilor pentru o mașină cu două căi paralele de curent la bobinajul polilor.

Controlul executării acestor conexiuni se realizează prin urmărirea vizuală a sensului curentului în bobinele polare. Acest procedeu se poate aplica cu condiția ca să se cunoască în prealabil sensul înfășurării bobinelor pentru a putea urmări conexiunile executate. În caz contrar, este necesar ca bobinele respective să nu fie acoperite cu un strat de izolație prea gros sau să fie executate din con-

ductor de secțiune mare (cum ar fi bobinele serie), putându-se determina astfel sensul de înfășurare. Această metodă se poate aplica la mașini înainte de montare.

O metodă mai comodă și care poate fi folosită pentru orice mașină, indiferent de construcția polilor, este folo-

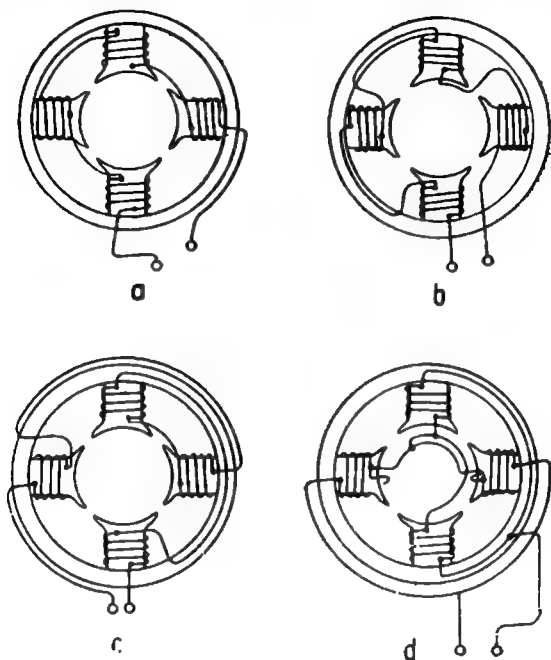


Fig. 7.1. Modul de legare între ele a bobinelor polare.

sirea unei bobine înregistratoare. În acest scop se execută o bobină din multe spire așezate concentric, la confecționare folosindu-se un șablon plan; pentru a asigura stabilitatea conductoarelor. După ce bobina a fost înfășurată, se impregnează pentru a-i asigura rigiditatea și în acelaș scop se introduce într-o cutie din material rezistent.

Pentru verificarea legăturilor, bobinele polare se vor alimenta cu curent, după care bobina de probă se va apropia, pe rând, de fața fiecărui pol. Cu ajutorul unui milivoltmetru conectat la bornele ei, se va înregistra tensiunea indusă într-o bobină. Pentru aceasta, bobina avînd poziția plană la fața polului, se va deschide brusc circui-

tul, urmărindu-se sensul deviației acului milivoltmetrului. Se va repeta proba pentru fiecare pol. Deviațiile milivoltmetrului trebuie să fie de sens contrar pentru fiecare pol, identice pentru polii cu număr par luați separat și identice pentru polii cu număr impar luați separat. Avantajul acestui procedeu este că se pot determina și eventualele greșeli în execuția conexiunilor între segmentele aceleiași bobine. În caz că suprafețele polilor nu sînt accesibile, mașina fiind montată, bobina de verificat se va așeza concentric pe buloanele de strîngere a polilor deasupra carcasei. În acest caz, la același curent de alimentare a bobinelor polare față de cazul mașinii demontate, deviațiile acului milivoltmetrului vor fi mult mai mici. În consecință va fi necesară mărirea intensității curentului de alimentare.

Mai există o metodă bazată tot pe determinarea sensului cîmpului magnetic al polilor și anume folosirea unui ac magnetic legat cu un fir subțire. Folosirea acului magnetic în cutie metalică (busola) nu este indicată, deoarece în cazul folosirii incorecte, datorită mobilității limitate pe care o are acul în cutie, se poate produce o magnetizare inversă a acestuia. Determinarea polarității cu ajutorul acului magnetic, în cazul folosirii lui corecte, este destul de sigură pentru mașina demontată. Dezavantajul acestei metode apare în cazul bobinelor serie, deoarece acestea lucrează la un curent mare, iar posibilitățile de alimentare cu un astfel de curent, în timpul încercărilor, sînt limitate. Alimentînd aceste bobine cu un curent prea mic rezultă un cîmp magnetic prea slab, iar în cazul existenței unui cîmp magnetic remanent invers în poli, deviația acului magnetic va fi foarte slabă sau nulă. Pentru rezolvarea acestei dificultăți, înainte de a alimenta bobinele în vederea controlului, se va determina existența cîmpului magnetic remanent, prin atîmarea acului magnetic de un fir care va fi legat de o tijă, foarte aproape de fața polului. În cazul existenței unui cîmp magnetic remanent, acul va avea o deviație într-un sens sau altul, mărirea acestei deviații fiind funcție de mărirea cîmpului, acul magnetic rămînînd fix în noua poziție. Se va introduce curent în bobinele serie, care va da naștere unui nou cîmp magnetic în poli. Dacă sensul noului cîmp va fi același cu cel al cîmpului remanent, acul magnetic va avea o deviație și mai mare în sensul inițial. Dacă sensul acestui

cîmp va fi invers decît cel al cîmpului remanent, acul va devia invers.

7.2. Verificarea bobinelor cu spire multe

Greutatea principală în determinarea scurtcircuitelor la bobinele cu spire multe, constă în faptul că circuitul format de spirele scurtcircuitate poate conține doar cîteva spire, destul de puține la număr, pentru a nu produce diferențe în deviația acului voltmetrului sau poate conține destul de multe spire pentru a nu se produce încălzirea acestui circuit. Totuși există aparate care deter-

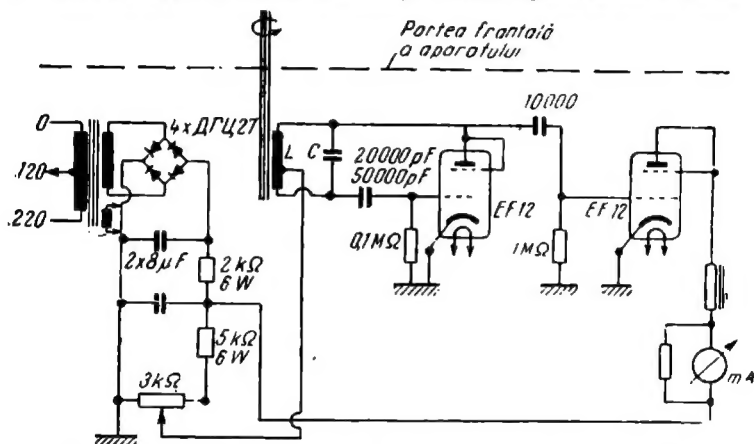


Fig. 7.2. Schema aparatului cu lămpi electronice pentru verificarea scurtcircuitelor în bobine cu spire multe.

mină cu succes scurtcircuiturile în astfel de bobine. Schema unui astfel de aparat este reprezentată în fig. 7.2, construit cu scopul de a determina existența scurtcircuitelor între spirele bobinelor de dimensiuni mici cu spire multe folosite de regulă la întrerupătoarele automate, bobine polare, pentru rotoarele micromașinilor etc.

Principiul de funcționare al aparatului este foarte simplu și dă indicații precise asupra acestui fel de defecte.

După cum se vede și din schemă, prima lămpă electronică este oscilatoare. Bobina circuitului oscilant are 2 600 spire din sîrmă de 0,1 mm diametru, izolată cu email și mătase, cu priză la 1/3 din numărul total al lor, iar condensatorul legat la capetele ei are valoarea de 20 000 pF. Bobina, este înfășurată pe o carcasă rotundă (mosor), cu

diametrul interior de 10—12 mm, lungă de 50—60 mm. În interiorul bobinei se introduce o bară (miez) din tole de grosime 0,2 mm, late de 7 mm și lungi de 80—100 mm. Pachetul va avea o secțiune aproximativ pătrată și depășește lungimea bobinei cu 50—60 mm. Capătul liber al acestei bare este scos printr-un orificiu izolat, destul de larg, în partea frontală a aparatului și pe el se va introduce bobina de încercat.

Oscilațiile produse de prima lampă sînt amplificate de a doua lampă, al cărui curent anodic este măsurat de un miliampermetru (rezistența legată în paralel cu bornele lui folosește pentru alegerea sensibilității și se determină prin încercări, începînd de la valori de 1 Ω pînă la 3—4 Ω) montat de asemenea pe panoul frontal al aparatului. În timpul oscilațiilor, curentul măsurat este foarte mic (circa 1—2 mA). Aceeași valoare se menține și dacă bobina introdusă pe miezul din tole se găsește în stare bună. Dacă însă în bobina de încercat există un scurtcircuit, montajul iese din oscilație și curentul măsurat capătă brusc o valoare de cîteva ori mai mare, astfel că folosind un aparat de măsură cu sensibilitatea convenabilă, creșterea curentului se concretizează printr-o deplasare destul de mare a acului indicator de la aparatul de măsurat.

Scoțînd de pe miez bobina cu defect, acul indicator revine la poziția inițială.

Potențiometrul de 3 k Ω bobinat servește pentru reglarea poziției inițiale și finale a acului indicator, introducînd și scoțînd prima lampă a montajului în oscilație.

Lămpile folosite sînt de tipul EF 12, montate ca triode, dar se pot utiliza și alte tipuri echivalente sau cu caracteristici apropiate. Întreaga aparatură se montează pe un șasiu metalic introdus într-o cutie metalică, prevăzută cu bornă pentru legarea la pămînt. Alimentarea montajului se face printr-un transformator care pe partea sa secundară trebuie să dea o tensiune de 200 V pentru redresor și 6,3 V pentru filamentele lămpilor. Se poate folosi și o lampă redresoare, introducînd o înfășurare suplimentară la transformator. Diodele redresoare sînt de tipul ДРЦ-27.

Cu puțină îndemînare și cu materiale care se pot procura de la magazinele de specialitate, acest aparat se poate construi în orice atelier de reparații de bobinaje.

Cu acest aparat se pot încerca multe tipuri de bobine cu spire multe, folosite în diverse aparate electrice.

TABLA DE MATERII

Pag.

Capitolul 1. Necesitatea executării controlului. Utilaje și aparate de măsurat folosite. Norme și standarde	4
Capitolul 2. Încercarea materialelor folosite la bobinarea mașinilor electrice	8
2. 1. Țesături uleiate electroizolate	9
2. 2. Micanita de colector	11
2. 3. Micafoliul	12
2. 4. Bare trapezoidale de cupru pentru colectoare	13
2. 5. Conductoare de bobinaj din cupru, izolate cu lac email	14
Capitolul 3. Controlul și încercarea bobinelor gata confecționate, înainte de montarea în mașină	19
3. 1. Verificarea numărului de spire la bobinele statorice. Defecte și remedieri	19
3. 2. Verificarea numărului de spire la bobinele rotorice. Defecte și remedieri	24
3. 3. Determinarea scurtcircuitelor între spire la bobinele statorice și rotorice. Defecte și remedieri	24
Capitolul 4. Încercarea bobinajelor mașinilor electrice de curent alternativ	28
4. 1. Încercările bobinajului statoric și remedierea defectelor	28
4. 1. 1. Încercarea rigidității dielectrice a izolației	29
4. 1. 2. Verificarea scurtcircuitelor între spire la statorul bobinat	36
4. 2. Încercările bobinajului rotoric și remedierea defectelor	40
4. 2. 1. Verificarea rigidității dielectrice a izolației	40
4. 2. 2. Verificarea la scurtcircuit între spire	41
4. 2. 3. Determinarea raportului de transformare	42
4. 2. 4. Verificarea cimpului învîrtitor	44
Capitolul 5. Încercarea bobinajelor mașinilor electrice de curent continuu	45
5. 1. Încercările bobinajelor statoric și rotoric și remedierea defectelor	45
5. 1. 1. Încercarea rigidității dielectrice a izolației	45
5. 1. 2. Verificarea scurtcircuitelor între spire la bobinajele statoric și rotoric	48
5. 1. 3. Verificarea executării corecte a bobinajului indușului	49
5. 1. 4. Controlul lipiturilor la colector. Alte defecte la rotor	50
Capitolul 6. Verificarea izolației. Considerente privind execuția bobinajelor	54
6. 1. Măsurarea rezistenței izolației	54
6. 2. Considerații privind executarea corectă a bobinajelor	57
Capitolul 7. Verificări generale ale bobinajelor mașinilor electrice	62
7. 1. Verificarea legăturilor la mașinile de curent continuu	62
7. 2. Verificarea bobinelor cu spire multe	66

102 9949045

Boțan N. V.

**CUM SE CITESC
SCHEMELE DE ACȚIONARI
ELECTRICE**



Toropțev N. D.

**UTILIZAREA MOTORULUI
ASINCRON TRIFAZAT,
ÎN SCHEME MONOFAZATE
CU CONDENSATOARE**

(traducere din limba rusă)



Oveiarov P. P.

**REPARĂȚILE
TURBOGENERATOARELOR**
(traducere din limba rusă)

